

RAFAEL ALEXANDRE MALINOVSKI

PROGRAMA COMPUTACIONAL DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE DE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, Setor de
Ciências Agrárias, Universidade Federal do
Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Jorge R. Malinovski

CURITIBA

1999



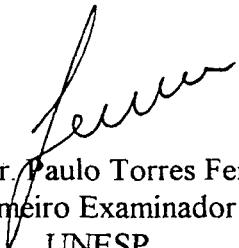
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **RAFAEL ALEXANDRE MALINOVSKI**, sob o título "**PROGRAMA COMPUTACIONAL DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE DE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA**", para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Florestais**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **SILVICULTURA**.


Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com média final: (10,0), correspondente ao conceito: (**A**).

Curitiba, 24 de Setembro de 1999.


Prof. Dr. Paulo Torres Fenner
Primeiro Examinador
UNESP




Prof. Dr. Roberto Max Protil
Segundo Examinador
PUC/PR


Prof. Dr. Jorge Roberto Malinowski
Orientador e Presidente da Banca
UFPR

AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de desenvolver este trabalho, e que, apesar de todas as dificuldades, sempre procurou fornecer as melhores condições para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia em nosso país.

Ao Prof. Dr. Jorge Roberto Malinovski, como orientador, pela liberdade e confiança no desenvolvimento desta dissertação e, como pai, pela amizade e apoio irrestrito em minha qualificação profissional.

Ao coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Prof. Dr. Anadalvo Juazeiro dos Santos, pelo empenho na compra do programa para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Henrique Koehler, pelo incentivo inicial dado para a concepção do programa, e, pelas vezes que me re-alinhou meu raciocínio.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares, pelas correções e sugestões feitas a este trabalho.

Ao professor e amigo Julio Arce, pela troca de idéias e conhecimentos de programação, pela prontidão no esclarecimento de dúvidas e pelo incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

Aos engenheiros Edson L. Martini e Lineu H. Wadouski, pelas contribuições dadas que enriqueceram a geração de informações do programa.

Às empresas Paraná Equipamentos-Caterpillar, Partek e Timberjack, pelas sugestões e dados fornecidos ao programa.

À empresa Berneck, especialmente nas pessoas de Osmar Kretschk e Geremias A. Perretto, pelo apoio na coleta de dados para teste do programa.

Ao meu irmão Ricardo e ao amigo Igor, pelo apoio e incentivo nos bons e maus momentos deste trabalho.

À minha família, em especial, à minha mãe Nasaret e minha irmã Luciane, pelo apoio e compreensão em todos os momentos do desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, em especial, à Carla Camargo, pelo otimismo e bom humor passados durante o curso.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, e a todos os demais que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 A COLHEITA DE MADEIRA E SEUS SISTEMAS.....	5
2.1.1 SISTEMA DE MADEIRA CURTA.....	6
2.1.2 SISTEMA DE TORAS LONGAS OU FUSTES.....	7
2.1.3 SISTEMA DE ÁRVORES INTEIRAS.....	8
2.1.4 SISTEMA DE ÁRVORES COMPLETAS.....	9
2.1.5 PRINCIPAIS INCENTIVOS À MECANIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA NO BRASIL.....	9
2.1.6 SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA MAIS UTILIZADOS NO BRASIL.....	11
2.2 PLANEJAMENTO OPERACIONAL.....	12
2.2.1 VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS FLORESTAIS.....	13
2.2.2 CUSTOS DE MÁQUINAS FLORESTAIS.....	16
2.2.3 ANÁLISE DE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA.....	23
2.3 PROGRAMAS COMPUTACIONAIS DESENVOLVIDOS NA ÁREA DE COLHEITA DE MADEIRA.....	26

3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 DEFINIÇÃO DAS INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA.....	34
3.1.1 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PROJETO FLORESTAL A SER MANEJADO.....	35
3.1.2 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DE MADEIRA.....	36
3.1.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PLANEJAMENTO DE CUSTOS DAS MÁQUINAS E IMPLEMENTOS.....	36
3.1.4 DEFINIÇÃO DAS MÁQUINAS E IMPLEMENTOS A SEREM UTILIZADOS NO PROGRAMA.....	37
3.2 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA PARA CÁLCULOS DE CUSTOS DE MÁQUINAS E IMPLEMENTOS PARA COLHEITA DE MADEIRA.....	37
3.3 DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR DE PRODUTIVIDADES PARA MÁQUINAS E IMPLEMENTOS UTILIZADOS NO PROGRAMA.....	38
3.4 ANÁLISE DO SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA.....	39
3.5 DEFINIÇÃO DA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO A SER UTILIZADA NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA.....	40
3.6 CODIFICAÇÃO DO PROGRAMA.....	40
3.7 INCLUSÃO DE VALORES NO BANCO DE DADOS.....	41
3.8 TESTE DO PROGRAMA.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42

4.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA.....	42
4.2 ENTRADA DE DADOS NO PROGRAMA.....	44
4.2.1 VARIÁVEIS RELACIONADAS A ÁREA A SER COLHIDA.....	44
4.2.1.1 VARIÁVEIS FÍSICAS DO TERRENO.....	45
4.2.1.2 VARIÁVEIS DO POVOAMENTO.....	48
4.2.2 TIPOS BÁSICAS, CLASSES E CATEGORIAS DEFINIDAS PARA MÁQUINAS BASES E IMPLEMENTOS DE OPERAÇÃO EM FUNÇÃO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DE MADEIRA.....	53
4.2.3 VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PLANEJAMENTO OPERACIONAL DO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA.....	73
4.2.4 VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PLANEJAMENTO DE CUSTOS DE MÁQUINAS DO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA.....	80
4.3 ESTIMATIVA DO CUSTO HORÁRIO DAS MÁQUINAS.....	83
4.4 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS DE COLHEITA DE MADEIRA PELO PROGRAMA.....	84
4.4.1 VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DAS CLASSES DE MÁQUINAS BASE.....	86
4.4.2 PRODUTIVIDADE MÁXIMA DA MÁQUINA BASE E IMPLEMENTO DE OPERAÇÃO.....	96
4.4.3 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS DE COLHEITA DE MADEIRA PELO MÉTODO DOS FATORES SIMPLES.....	98
4.4.4 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS DE COLHEITA DE MADEIRA PELO MÉTODO DOS FATORES CONJUGADOS.....	99
4.5 ANÁLISE DO SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA.....	105

4.6 APLICAÇÃO DO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA EM UMA EMPRESA FLORESTAL.....	106
4.6.1 PLANTAÇÃO A SER COLHIDA.....	106
4.6.2 MÁQUINAS E IMPLEMENTOS UTILIZADOS.....	108
4.6.3 PLANEJAMENTO OPERACIONAL.....	109
4.6.4 PLANEJAMENTO DE CUSTOS.....	110
4.6.5 CUSTOS OPERACIONAIS HORÁRIOS ESTIMADOS.....	111
4.6.6 ESTIMATIVAS DE PRODUTIVIDADE.....	112
4.6.7 ANÁLISE DO SISTEMA.....	112
4.6.8 COMPARAÇÃO DAS ESTIMATIVAS EFETUADAS PELO PROGRAMA COM OS VALORES REAIS DE PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS.....	113
5 CONCLUSÕES.....	115
6 ANEXOS.....	117
7 GLOSSÁRIO.....	135
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136

LISTA DE TABELAS

TABELA 01: CONSTITUIÇÃO DAS PRINCIPAIS CLASSES DE MÁQUINAS BASE EM FUNÇÃO DOS TIPOS BÁSICOS DE MÁQUINAS DISPONÍVEIS NO MERCADO E DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DE MADEIRA.....	54
TABELA 02: RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS BÁSICOS DE MÁQUINAS EM FUNÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA CATEGORIZAÇÃO DAS MÁQUINAS BASE.....	56
TABELA 03: CATEGORIAS DE <i>HARVESTER</i> DE PNEU PARA AS OPERAÇÕES DE CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DA TRAÇÃO E POTÊNCIA DE MOTOR.....	57
TABELA 04: CATEGORIAS DE TRATOR DE ESTEIRA PARA AS OPERAÇÕES DE CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO TIPO E GIRO DA CABINA, POTÊNCIA DE MOTOR E PESO DA MÁQUINA-BASE.....	58
TABELA 05: CATEGORIAS DE TRATOR AGRÍCOLA PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DO TIPO DE TRAÇÃO E POTÊNCIA DO MOTOR.....	59
TABELA 06: CATEGORIAS DE <i>FORWARDER</i> PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DA TRAÇÃO, POTÊNCIA DO MOTOR E CAPACIDADE DE CARGA.....	60
TABELA 07: CATEGORIAS DE MOTOSSERRA PARA AS OPERAÇÕES DE CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA DE MOTOR E PESO.....	61
TABELA 08: CATEGORIAS DE <i>SKIDDER</i> PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA DO MOTOR.....	61

TABELA 09: CATEGORIAS DE <i>FELLER</i> DE PNEU PARA CORTE, EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA DO MOTOR.....	62
TABELA 10: CATEGORIAS DE TRICICLO PARA CORTE, EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA DO MOTOR.....	62
TABELA 11: CATEGORIAS DE CARREGADOR FLORESTAL COM UTILIZAÇÃO PARA DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO TIPO DE LOCOMOÇÃO E CAPACIDADE DE CARGA A 4,6 M DO CENTRO DA MÁQUINA E A 1,5 M DE ALTURA DO CHÃO.....	62
TABELA 12: CATEGORIAS DE CAVAQUEADORES EM FUNÇÃO DO TIPO DE LOCOMOÇÃO E POTÊNCIA DO MOTOR OU PESO DA MÁQUINA.....	63
TABELA 13: RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS BÁSICOS DE IMPLEMENTOS DE OPERAÇÃO EM FUNÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA CATEGORIZAÇÃO DOS IMPLEMENTOS.....	64
TABELA 14: CATEGORIAS DE CABEÇOTES DE <i>HARVESTER</i> PARA CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DOS PARÂMETROS: DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE CORTE, POTÊNCIA NO ROLO E PESO.....	65
TABELA 15: CATEGORIAS DE CABEÇOTES DE <i>FELLER</i> DE SABRE PARA CORTE, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE CORTE E PESO.....	66
TABELA 16: CATEGORIAS DE CABEÇOTE DE <i>FELLER</i> TIPO <i>SLINGSHOT</i> PARA CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE CORTE E PESO.....	66

TABELA 17: CATEGORIAS DE CABEÇOTE DE <i>FELLER BUNCHER</i> DE DISCO PARA CORTE, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (Ø) MÁXIMO DE CORTE E PESO.....	67
TABELA 18: CATEGORIAS DE CABEÇOTE DE <i>FELLER BUNCHER</i> DE TESOURA PARA CORTE, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (Ø) MÁXIMO DE CORTE E PESO.....	67
TABELA 19: CATEGORIAS DE TRAÇADORES MECÂNICOS <i>SLASHERS</i> PARA SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DO SABRE.....	67
TABELA 20: CATEGORIAS DE DESGALHADORES <i>MECÂNICOS STROKE DELIMBERS</i> PARA DESGALHAMENTO, EM DO COMPRIMENTO DO BRAÇO, VELOCIDADE E PESO.....	68
TABELA 21: CATEGORIAS DE GARRAS PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DO TIPO DE ARCO, FUNÇÃO DA GARRA E ABERTURA DA GARRA.....	68
TABELA 22: CATEGORIAS DE DESGALHADORES MECÂNICOS <i>DELIMBERS</i> PARA DESGALHAMENTO, EM FUNÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DO IMPLEMENTO E DIÂMETRO (Ø) MÁXIMO DE DESTOPO.....	69
TABELA 23: CATEGORIAS DE GARRAS TRAÇADORAS PARA SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO TIPO DE UTILIZAÇÃO, DIÂMETRO (Ø) MÁXIMO DE CORTE OU ÁREA ÚTIL DA GARRA.....	70
TABELA 24: CATEGORIAS DE GRUAS E GARRAS PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DA GRUA E ÁREA DA GARRA.....	71

TABELA 25: RELAÇÃO DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DAS CLASSES DE MÁQUINAS BASE.....	88
TABELA 26: CONDIÇÃO ÓTIMA DE OPERAÇÃO PARA O CONJUNTO FORMADO POR UMA MÁQUINA DA CLASSE DO <i>HARVESTER</i> DE PNEU PARA CORTE DA CATEGORIA 2 E UM IMPLEMENTO DE OPERAÇÃO DO TIPO CABEÇOTE DE <i>HARVESTER</i> DA CATEGORIA1.....	97
TABELA 27: CUSTOS OPERACIONAIS HORÁRIOS ESTIMADOS (US/h) PELO PROGRAMA PARA O <i>HARVESTER</i> E O <i>FÖRWARDER</i> EM FUNÇÃO DOS PLANEJAMENTOS OPERACIONAL E DE CUSTOS DA EMPRESA FLORESTAL ESTUDADA.....	111
TABELA 28: QUADRO DE ANÁLISE DO SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA UTILIZADO PELA EMPRESA FLORESTAL ESTUDADA (CUSTO ECONÔMICO).....	112
TABELA 29: COMPARAÇÃO DAS PRODUTIVIDADES EFETIVAS (m3/hora) ENTRE OS VALORES REAIS E ESTIMADOS PELO PROGRAMA PARA O <i>HARVESTER</i> E O <i>FORWARDER</i>	113

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: FLUXOGRAMA DO SOFTWARE SCM.....	43
FIGURA 02: FLUXOGRAMA DA ESTRUTURA DO SIMULADOR DE PRODUTIVIDADE.....	85

RESUMO

O simulador de colheita de madeira é um programa computacional desenvolvido para estimar produtividade e custos para as mais diversas opções de máquinas e implementos para colheita, disponíveis no mercado brasileiro. Ele foi feito a partir de um exaustivo levantamento de mais de 70 variáveis que influenciam a produtividade e o custo, para 48 categorias de máquinas base e 58 categorias de implementos, utilizadas para as operações de corte, extração, desgalhamento, seccionamento (sortimento) e cavaqueamento. Desta maneira, o programa possibilita a simulação dos mais diversos cenários de povoamentos, planejamentos operacionais e de custos, tanto para pinus como para eucalipto, tornando-se uma ferramenta ágil e flexível para a tomada de decisões. Além de possibilitar ao usuário uma estimativa dos módulos de produção necessários para a colheita de determinado projeto florestal, o programa pode também estimar o prazo para que um determinado módulo de máquinas efetue a operação. Em todos os casos, o programa estima a produtividade e os custos econômico e financeiro para cada máquina isoladamente e o total para o sistema. Seu funcionamento segue o mesmo princípio dos programas em ambiente gráfico, onde o usuário navega por uma barra de ferramentas, acessando os seguintes formulários: projeto a ser colhido, definição das máquinas para as operações, planejamento das operações, planejamento de custos, estimativa do custo horário, estimativa de produtividade, e análise do sistema. Os quatro primeiros formulários tratam das variáveis do terreno, da floresta e máquinas e equipamentos; e, nos três formulários subseqüentes, são efetuadas as estimativas de custo, produtividade e análise do sistema. Sua utilização está relacionada aos seguintes aspectos: simular as aplicações dos sistemas de colheita atuais das empresas e procurar alternativas de planejamento operacional, visando ao aumento da produtividade do sistema como um todo; comparar o sistema atual com outros sistemas de colheita, visando a efetuar um “benchmarking”; estabelecer uma base de dados para a realidade operacional das empresas; quantificar módulos de máquinas e prazos para a colheita de determinado projeto; estimar tarifas para contratação de empreiteiros; determinar cotas de madeira para empreiteiros; e estimar produtividade e custos para projetos florestais a serem colhidos, estabelecendo um fluxo de caixa para o programa de colheita do ano. A metodologia utilizada na construção do programa, com exceção das fórmulas para cálculo de custo, é inédita, sendo que, a linguagem utilizada para programação foi Microsoft Visual Basic 6.0, em conjunto com o banco de dados Microsoft Access 97. As principais conclusões deste trabalho indicam que o programa pode ser utilizado para as estimativas de todos os parâmetros apresentados acima, porém, a premissa básica é a confiabilidade da entrada de dados no sistema.

ABSTRACT

The wood harvesting simulator is a software developed to estimate productivity and costs for several options of machines and implement available in the Brazilian market. It was based on an exhaustive search of more than 70 variables that affect the productivity and the cost of 48 categories of base machines and 58 implement categories, used in the felling, extracting, delimbing, sorting and chipping operations. This way, the program enables the simulation of most situations of forest stands and operational plannings and costs, for pine and eucalyptus, becoming an agile and flexible decision making tool. Besides enabling the user to estimate the required production module to harvest a certain forest stand, the program also estimates the period of time that a module of machines can reform the operation. In both cases, the program estimates the productivity and the economic and financial costs for each machine separately and for the total system. The program follows the graphic environment principle, where the user navigates through a tool bar, accessing the following forms: stand to be cut down, selection of the machines for the operations, operations planning, costs planning, hourly cost estimation, productivity estimation, and system analysis. The first four forms deal with landscape, forest, machines and equipment variables; and the three subsequent forms, with cost, productivity and system analysis estimation. The use of the program is related to the following aspects: to simulate the applications of the current harvesting systems in the companies and to seek alternatives of operational planning, aiming to increase the system productivity as a whole; to compare the current system with other harvesting systems, aiming to make a benchmarking; to establish a database for the companies operational reality; to quantify modules of machines and periods of time for harvesting different stands; to estimate tariffs for contractors' recruiting; to determine wood quota for contractors; and to estimate productivity and costs for forest stands to be cut down, establishing a cash flow for the annual harvesting program. The methodology used in the construction of the program, except the formulas for cost calculation, is original, and, the language used for programming was Microsoft Visual Basic 6.0, together with the database Microsoft Access 97. The main conclusions of this paper indicate that the program can be used to estimate all parameters presented above, although, the basic premise is the input data reliability.

1 INTRODUÇÃO

A exploração racional das florestas no sul do país teve início na década de 50, quando empresas de papel e celulose, que basicamente exploravam florestas de araucária, começaram a implantar seus povoamentos de pinus para alimentar suas futuras demandas de madeira.

O sistema utilizado para a extração de madeira das florestas de araucária consistia na utilização de traçadeiras e machados para derrubar, desgalhar e traçar as árvores; e, tração animal, para arrastá-las até à beira de estradas ou ferrovias. O carregamento era feito com a utilização de travessas de madeira postas verticalmente ao sentido das toras, sendo estas, assim, roladas para o tablado do meio de transporte.

Na década de 60 começaram a surgir no Brasil as primeiras motosserras, as quais foram chamadas de “Damas da modernização” (WALDRIGUES, 1983). Começaram também a ser utilizados pequenos tratores agrícolas para o arraste de toras e rudimentares carregadores florestais. Nos anos 70, já com várias fábricas de papel e celulose instaladas na região, houve uma melhoria dos equipamentos existentes, como o aumento de potência e a diminuição do peso das motosserras, tratores agrícolas equipados com guinchos e garras “*Miniskidders*”, tratores desenvolvidos especificamente para o arraste de madeira, “*Skidders*”, e, equipamentos hidráulicos para o carregamento de caminhões.

A década de 80 ficou marcada pelo início da utilização de tratores derrubadores, “*Feller-Bunchers*”, de faca e sabre, em pinus, procurando-se diminuir o contato do homem com a árvore, reduzindo o risco de acidentes, melhorando as condições ergonômicas de trabalho e maximizando a disponibilidade operacional dos equipamentos em relação às condições climáticas. Este período pode ser caracterizado como uma grande fase da otimização da mão-de-obra florestal, quando houve escassez causada pela migração de trabalhadores rurais para as grandes cidades. Os tratores de arraste tiveram aí também o seu grande impulso, pois, a atividade com *Feller-Buncher* proporcionava um pré-empilhamento das árvores, diminuindo assim o tempo gasto para o carregamento e aumentando sua

produtividade. Surgiram também métodos de desganhamento com a utilização de grades desganhadoras. A qualidade das guas utilizadas para o carregamento de caminhões aumentou, adquirindo cada vez mais capacidade de peso e agilidade. Esta década marcou um grande salto na história da extração de madeira no Brasil, a qual passou a ser chamada de “Colheita de Madeira” quando se refere a povoamentos de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. A década de 90, porém, está sendo marcada pelos maiores avanços tecnológicos na área.

Em paralelo ao que ocorria no Brasil durante as épocas referidas, países desenvolvidos do hemisfério-norte tomavam a dianteira no desenvolvimento de equipamentos para colheita de madeira, surgindo assim, basicamente, dois grandes mercados produtores e consumidores de máquinas, com filosofias de Colheita de Madeira bastante distintas. O primeiro, formado pelos países Nórdicos e Europeus, adotou sistemas de colheita de madeira curta “*Cut to Length*”, ou seja, usando máquinas que efetuam o corte, desganche e traçamento no próprio local onde a árvore se encontra, “*Harvesters*”, com o posterior baldeio da madeira para as beiras de estradas com tratores autocarregáveis, “*Forwarders*”. O segundo, formado pelos países Norte-Americanos, utiliza os sistemas de colheita de madeira longa “*Full Tree*”, onde tratores derrubadores, *Feller Bunchers*, cortam as árvores e fazem feixes com as mesmas, preparando-as para os tratores arrastadores *Skidders* que as levam para a beira da estrada onde serão desganhadas, traçadas e carregadas sobre o caminhão com a utilização de tratores carregadores acoplados com equipamentos desganhadores e traçadores “*Loaders*”, “*Slashers*” e “*Delimbers*”.

A liberação das importações, em 1993 fez com que alguns fabricantes e revendedores de equipamentos para colheita de madeira se voltassem para o mercado brasileiro, pois, o mesmo representava o 6º maior produtor de madeira do mundo, entre coníferas e folhosas. A busca de equipamentos compatíveis com as necessidades das empresas levaram à abertura do mercado brasileiro para os dois sistemas de colheita de madeira. Nesses seis anos as maiores empresas do Brasil, passaram a usufruir destas novas tecnologias ou estão em estudos para a sua implantação.

A busca de redução de custos, segurança nas operações, menor dependência da mão-de-obra e das condições climáticas, refletindo em autonomia e independência para o

abastecimento de matéria-prima, são as metas buscadas pelas empresas e oferecidas por sistemas com equipamentos mais modernos e adaptados. Porém, a introdução ou substituição de equipamentos deve ser precedida de profunda análise de produtividade e custos do sistema, envolvendo (todas) as atividades. É preciso considerar as características dos povoamentos, os seus impactos no meio ambiente e também a replantação dos novos povoamentos ou conduções de rebrotas no caso de povoamentos de eucalipto.

A análise de sistemas é uma excelente ferramenta de auxílio para tomada de decisões, pois, permite a simulação das operações a serem executadas por diferentes máquinas para uma mesma situação. Quando já se tem um sistema em operação, através da análise de sistemas pode-se mostrar o desempenho das máquinas, e fazer comparações com novos sistemas que poderiam ser utilizados, apontando vantagens e desvantagens de cada um.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi a elaboração de um programa computacional para análise de sistemas de colheita de madeira.

Especificamente, o programa desenvolvido tem como objetivos secundários:

- relacionar as principais variáveis que influenciam a produtividade e os custos das máquinas de colheita de madeira com:
 - a base física e dendrométrica dos povoamentos a serem colhidos;
 - os planejamentos operacionais e de custos para as máquinas de colheita de madeira;
- relacionar as principais máquinas-base e implementos florestais utilizados para colheita de madeira, disponíveis no mercado brasileiro;
- classificar, categorizar e obter dados de produtividade e fatores de correção para as máquinas-base e implementos florestais para colheita de madeira;

- calcular os custos das operações propostas, em relação a um planejamento prévio por meio da metodologia da FAO/ECE/KWF citado por STÖHR (1981);
- desenvolver um simulador de produtividade para as máquinas de colheita de madeira, em função das condições de povoamento e planejamento;
- quantificar o número de máquinas para uma determinada tarefa ou o tempo necessário para um determinado número de máquinas executar as operações de colheita de madeira em um determinado povoamento;
- estimar o custo por metro cúbico da madeira produzida por operação isolada e pelo sistema escolhido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A COLHEITA DE MADEIRA E SEUS SISTEMAS

Para trazer as árvores da floresta até o local de sua utilização é necessário, primeiramente, proceder à colheita das mesmas. A colheita é, portanto, o elo de ligação entre os recursos florestais e as indústrias madeireiras ou outros usuários de madeira (KANTOLA e HARSTELA, 1994).

Sistema de colheita de madeira compreende um conjunto de atividades interrelacionadas e dependentes entre si e que influenciam o produto final obtido (SANT'ANNA, 1992). Um sistema de colheita de madeira pode ser definido como toda a cadeia de produção, ou seja, todas as alternativas parciais, desde a derrubada até a madeira ser posta no pátio das indústrias consumidoras. Desta forma, o sistema é formado por elementos separados chamados de atividades parciais. Condições do ambiente podem alterar partes do sistema, fazendo com que haja substituição dos elementos dentro do mesmo. Pode-se ainda dizer que a palavra sistema significa planificação, método e ordenamentos das atividades a serem desenvolvidas (MALINOVSKI, 1984).

Dentro de um sistema, diferenciam-se, em nível inferior de classificação, os procedimentos empregados. Estes classificam-se segundo a máquina empregada e o lugar onde é efetuado o trabalho (STÖHR, 1976).

De uma forma geral, os sistemas de colheita de madeira podem ser classificados em (FAO MONTES, 1978) :

- 1) Sistema de tora/torete: os fustes são traçados na floresta
- 2) Sistema de fuste: é extraído somente o tronco sem os galhos;
- 3) Sistema de árvore inteira: a árvore é extraída sem as raízes;
- 4) Sistema de árvore completa: toda a biomassa é extraída;

Um sistema de colheita de madeira pode ser basicamente constituído pelas seguintes atividades:

Corte / Derrubada

Arraste / baldeio

Transporte

Evidentemente, sub-operações tais como desgalhamento, carregamento e atividades de apoio como planejamento, custos, controles e recursos humanos, são necessários para o funcionamento do sistema (SANT'ANNA, 1992).

2.1.1 SISTEMA DE MADEIRA CURTA

É o principal sistema de colheita de madeira utilizado nos países escandinavos e o mais antigo utilizado no Brasil.

Este sistema caracteriza-se pela realização de todos os trabalhos complementares ao corte (desgalhamento, destopo, toragem ou traçamento e descascamento) no próprio local onde a árvore foi derrubada. As toras produzidas apresentam variações de 1 a 6 metros, dependendo do índice de mecanização empregado. Para facilitar a mecanização do sistema, é necessário que a topografia seja favorável (WALDRIGUES, 1983).

A grande utilização deste sistema nos países europeus, se dá, principalmente pelas seguintes razões:

- Tem sido o método tradicional por centenas de anos;
- As operações são relativamente pequenas e de difícil justificativa econômica para os espaços de estaleiros;
- Geralmente compreende o menor número de máquinas, o que faz diminuir o custo de movimentação, quando comparado a outros sistemas;
- O transporte secundário em vias públicas e a legislação de tráfego podem proibir a utilização de caminhões com madeira comprida;
- É apropriado para a falta de integração entre as indústrias de desdobro e celulose que, normalmente, não estão situadas no mesmo local;

- Facilitam a utilização do sistema em desbastes, quando comparado com os outros sistemas (SKOGSARBETEN, 1991).

No Brasil, as justificativas para utilização do sistema de madeira curta mostram realidades diferentes, principalmente, por a não haver grandes limitações de espaço, a legislação de trânsito não ser tão rigorosa, o preço das florestas não serem tão altos, e o preço dos equipamentos ser elevado. É o sistema, porém, que pode exigir o menor grau de mecanização; pois, o corte e o traçamento podem ser feitos com traçadeiras, o desgalhamento com machado e o carregamento, manualmente, se as toras forem de pequenas dimensões (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

Entre as vantagens deste sistema, quando mecanizado, estão a facilidade de deslocamento a pequenas distâncias, a baixa agressão ao meio ambiente, principalmente em relação aos solos, e a possibilidade de utilização em desbastes. Pode-se citar, como desvantagem, o fato de tendências futuras de aproveitamento de galhos, folhas e tocos para energia, polpa e papel, que, ao invés de ficarem concentrados para posterior carregamento, ficariam dispersos, espalhados homogeneamente pelo talhão. Embora as vantagens potenciais de utilização da biomassa serem claras, existe o risco dos impactos ambientais, que, em consequência, podem por em risco a capacidade produtiva da floresta (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

2.1.2 SISTEMA DE TORAS LONGAS OU FUSTES

Nesse caso, o desgalhamento e o destopo são feitos no local do corte da árvore. As operações complementares de toragem (traçamento) e o descascamento eventual são realizados à beira das estradas que circundam o talhão, ou em pátios intermediários de processamento. É um sistema desenvolvido para terrenos mais acidentados, tanto que, o transporte físico das toras exige equipamentos sofisticados em razão do peso e da dimensão da madeira (WALDRIGUES, 1983).

Este sistema pode ser considerado como um dos mais baratos, quando mecanizado, e, sua principal raiz encontra-se nos países norte-americanos, onde, cerca de 90 a 95% de toda madeira colhida, até por volta do ano 1996, se fazia por este método. As principais justificativas seriam a alta eficiência mecânica dos equipamentos, quando comparados ao sistema de madeira curta e o menor custo por tonelada de madeira posta no pátio das empresas (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

Atualmente, no sul do Brasil, as maiores empresas do setor florestal utilizam o sistema de toras longas em suas operações, principalmente, em corte raso e corte final. Porém, em nenhuma delas, os sistemas são iguais, diferindo principalmente por equipamento utilizado e utilização final da madeira. Um dos principais fatos de seu desenvolvimento no país, além do baixo custo, é a cultura herdada dos grupos detentores do poder acionário das empresas de papel e celulose, que são, em grande parte, americanas (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

2.1.3 SISTEMA DE ÁRVORES INTEIRAS

A utilização dessa alternativa implica a remoção da árvore para fora do talhão, como operação subsequente ao corte. O processamento completo é feito em local previamente escolhido. Esse sistema implica elevado índice de mecanização e pode ser utilizado tanto nos terrenos planos como nos acidentados (WALDRIGUES, 1983).

No caso de uma futura utilização de biomassa para energia ou processo, o sistema poderá ser muito utilizado, pois, devido à concentração dos restos das árvores em determinado local, elimina o trabalho do amontoamento, que seria necessário fazer em toda área no sistema de madeira curta e, parcialmente, no sistema de toras longas ou fustes (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

Outra forma de utilização deste método ocorre com frequência na Alemanha, onde as árvores são transportadas com galhos e somente destopadas. Em um pátio de acabamento estacionário, "Holzhof", são, então, realizadas as diversas atividades de desgalhamento,

descascamento, mensuração eletrônica dos fustes, traçamento de acordo com programas de computador, são atendidos os pedidos de sortimentos dos clientes, é feito o armazenamento em “boxes”, com sortimentos iguais, em uma verdadeira linha de produção (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

2.1.4 SISTEMA DE ÁRVORES COMPLETAS

Este sistema tem por estratégia retirar a árvore com as raízes, de forma tal, que seja possível a sua utilização completa. Somente nos casos em que as raízes tenham valor comercial, este sistema torna-se interessante. É o caso de árvores com alta concentração de resina nos potenciais tocos, ou árvores consideradas medicinais (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

Hoje em dia, são poucas as tecnologias apropriadas para o uso deste sistema, o qual implica também numa retirada de biomassa, o que, provavelmente, seria prejudicial para a manutenção da produtividade dos sítios (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

2.1.5 PRINCIPAIS INCENTIVOS À MECANIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA NO BRASIL

A atividade de reflorestamento, no Brasil, tomou grande impulso a partir do meio da década de 60 e decorreu da conjunção de vários aspectos. O primeiro deles vinculou-se ao fato de já existir no país, uma boa base de conhecimentos relativos a silvicultura de pinus e de eucalipto. O segundo estava ligado na existência de uma escola de florestas que iniciava a formação de engenheiros florestais e o último elemento deste trinômio desenvolvimentista, foi a promulgação da Lei dos Incentivos Fiscais em 1966, que proporcionou a alocação de recursos financeiros para o reflorestamento. A partir destes acontecimentos, o setor florestal brasileiro vivenciou um grande período de crescimento e

desenvolvimento. Até o término da Lei dos Incentivos, em 1986, cerca de 6 milhões de hectares haviam sido reflorestados, sendo que, mais de 80% com os gêneros pinus e eucaliptos (SANT'ANNA, 1992).

De início, pela própria inexperiência das empresas na exploração de reflorestamentos, falta de tecnologia e pessoal treinado, a colheita era feita de forma manual e rudimentar, nos moldes da exploração de nativas (ROESLER, 1994). Em função da abundante mão-de-obra disponível, não houve a preocupação em mecanizar-se a extração de madeira, excetuando-se algumas empresas, que, por estratégia interna, ou seja, estabilidade de suprimento de suas fábricas, custo da matéria prima, sistema econômico e recessão, caminharam para a mecanização. Por outro lado, a adoção de equipamentos e formulação de sistemas de colheita de madeira residiam no fato da carência de equipamentos disponíveis no mercado e na definição dos produtos florestais desejados pelas próprias indústrias (SANT'ANNA, 1987).

As mudanças nas leis de importação permitiram a entrada de fabricantes estrangeiros, tornando materiais e equipamentos mais acessíveis às empresas e, dando início a uma nova fase no setor florestal brasileiro (TIBURCIO, SENE e CONDI, 1995).

As pressões do mercado externo, quedas de preço, exigências de certificado de qualidade e a abertura para importação vêm forçando a uma aceleração da mecanização, buscando ganhos de produtividade, redução de custos e melhoria na qualidade (ROESLER, 1994).

O desenvolvimento de técnicas e métodos aplicáveis às operações de colheita e transporte de madeira está conduzindo a indústria florestal a sistemas totalmente mecanizados. A princípio, considerava-se que o maior benefício da introdução da mecanização das operações florestais fosse a redução do custo operacional. Entretanto, com a escassez de mão-de-obra e os altos custos sociais decorrentes, a mecanização das operações torna-se peça importante, sendo esta a responsável pelo aumento da produtividade e por um controle mais efetivo de custos (MENDONÇA, 1987).

2.1.6 SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA MAIS UTILIZADOS NO BRASIL

Com relação aos sistemas de colheita de madeira, mais recentemente utilizados pelas empresas brasileiras, podemos citar o de fustes e o de toras ou toretes. O sistema de fustes, quando mecanizado, envolve basicamente, como equipamento de corte, o trator derrubador, *feller-buncher*, que faz a derrubada e um pré-empilhamento das árvores, preparando-as para operação subsequente, que, normalmente, é o arraste, feito mediante a utilização de tratores arrastadores *skidders* (FERNANDES e TIBURCIO, 1987). O desgalhamento pode ser feito pela utilização de grades ou simultaneamente ao traçamento e carregamento, com a utilização de equipamentos com guias hidráulicas mais desgalhadores e traçadores mecânicos funcionando em conjunto.

O sistema de toras e toretes, envolve basicamente duas máquinas. A primeira, o trator derrubador, desgalhador e traçador chamado de *harvester*, que pode, também, ter a função de somente processar as árvores já derrubadas e também descascá-las, principalmente eucaliptos. A segunda, o *forwarder*, trator utilizado para o transporte primário (extração), ou seja, a remoção das árvores já cortadas de dentro da floresta para a periferia dos talhões, de modo a evitar o tráfego de caminhões dentro da mesma (SANTOS, 1991).

Em ambos os casos, os resultados serão sempre tanto mais positivos quanto maiores forem as dimensões das árvores.

Em termos de futuro, as perspectivas indicam que os desafios a serem enfrentados para a escolha e adequação de sistemas de colheita de madeira, estarão voltados para o uso mais intensivo ou não, de terceiros, tamanho do mercado nacional para viabilizar a produção ou importação de equipamentos específicos de manuseio de árvores, a otimização no uso da mão-de-obra e minimização de efeitos sobre o meio ambiente (SANT'ANNA, 1992).

2.2 PLANEJAMENTO OPERACIONAL

Antes de começar a colheita de madeira uma empresa deve esclarecer a idéia básica de suas ações e o propósito de sua colheita. Para atingi-la, requerem-se objetivos formulados e ordenados numa seqüência lógica de tempo. Nestas bases, pode ser formulada a estratégia de colheita de madeira, o que significa que as atividades vão conduzir ao cumprimento da meta (KANTOLA e HARSTELA, 1994).

A primeira fase é o planejamento estratégico para: explorar as possibilidades de produção, formular as políticas para silvicultura e a colheita, especificar um plano de implementação. Diferentes pontos, fracos e fortes devem ser comparados. Por exemplo, deve-se decidir se a colheita será feita com equipamentos próprios da empresa ou por empreiteiros. O planejamento das atividades de desenvolvimento também deve estar incluído neste planejamento estratégico (KANTOLA e HARSTELA, 1994).

O planejamento conduz à preparação dos planos operacionais. Estes podem ser de longo, médio e curto prazo, porém, sempre atualizados durante o período de planejamento. A colheita deve estar sempre baseada no manejo em rendimento sustentado. Portanto, as possibilidades de produção de madeira devem ser conhecidas a fim de se formular uma política de atividades silviculturais, bem como, de colheita de madeira. Isto pode ser implementado na base de inventários florestais. Através deles, a empresa tem acesso a dados geográficos, climáticos e de solo. Também são fornecidas informações quanto aos tipos de sortimentos comercializáveis e suas quantidades e produções por hectare (KANTOLA e HARSTELA, 1994).

As possibilidades técnicas de transporte são examinadas através da classificação do terreno e inventário de estradas. Nesta base, são consideradas as diferentes alternativas de extração e transporte. Pelo cálculo da economia de diferentes alternativas, podem-se determinar as técnicas ótimas de colheita de madeira, levando-se em consideração a organização, financiamento, limitações administrativas, restrições do meio ambiente e implicações sócio-econômicas (KANTOLA e HARSTELA, 1994).

Segundo da SILVA (1987), o planejamento é indispensável e inevitável em qualquer situação, pois, evita a improvisação, estabelece padrões de controle, antecipa os problemas e seleciona as melhores soluções. Já BORGES, SEFFRIN e ALBUQUERQUE (1989), comentam a complexidade do planejamento de uma empresa florestal, advinda do longo prazo das rotações das plantações florestais, da extensão das áreas cultivadas e da suscetibilidade das florestas às mudanças no ambiente, seja a sua causa natural ou humana. No setor da indústria, têm-se as constantes inovações tecnológicas, o desenvolvimento de processos e produtos, a evolução do mercado, e a questão da oportunidade de expansão. Além dos fatores inerentes ao próprio setor, outros pontos também devem ser levados em consideração como: as crescentes organizações trabalhistas, a influência do ambiente externo através da legislação e de grupos de pressão política e ecológica. Em função das dificuldades supracitadas, e com o objetivo de se sistematizar os métodos desse planejamento tático das operações, os autores indicam a utilização de recursos computacionais e de métodos matemáticos, como ferramentas para esse planejamento.

WADOUSKI (1987), afirma que, basicamente, o planejamento operacional busca antecipar os problemas e estabelecer rotinas e alternativas operacionais, que levem ao cumprimento das metas de produção, estabelecidas por um plano geral da empresa. Em grande maioria, as variáveis que afetam as operações de corte e extração de madeira, podem ser identificadas com a antecedência necessária, para que seu impacto sobre o nível da produção e dos custos seja estimado, e correções do plano original sejam realizadas antes do início das operações.

2.2.1 VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS FLORESTAIS

WADOUSKI (1987), destingue as variáveis que podem afetar a produtividade das máquinas; aquelas passíveis de identificação imediata e direta e as indiretas. Como de identificação direta pode-se citar: os volumes a serem extraídos, a extensão da área a

explorar, as características dos fustes, porcentagem e diâmetro dos galhos, topografia, natureza dos solos e sua distribuição geográfica, malha viária, distância média de arraste, intensidade e distribuição das chuvas e necessidades de sortimentos diversos. Por outro lado, muitas outras variáveis são de difícil determinação (indiretas) e a intensidade com que irão afetar os trabalhos deve ser cuidadosamente estimada. Assim, o grau de erodibilidade dos solos, a estabilidade das áreas declivosas, a qualidade, habilidade e disponibilidade de mão-de-obra, as necessidades impostas pelo manejo florestal, os riscos de compactação dos solos e a possibilidade de bruscas variações climáticas impõem limitações, mais ou menos severas, à aplicação dos sistemas de colheita de madeira, em função da conjunção positiva ou negativa.

O conhecimento do comportamento da produtividade das máquinas para as diferentes condições de operação vem a ser uma importante ferramenta de trabalho na indicação e dimensionamento das máquinas necessárias para a atividade de mecanização (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998). Ainda, segundo o autor, a produtividade de determinada operação é função de variáveis externas (características do sítio) e das variáveis das máquinas (principalmente as operacionais e as características das máquinas: máquina-base e implemento de operação). As principais variáveis externas que influenciam na produtividade das máquinas nas operações de colheita de madeira, e que complementam o trabalho de WADOUSKI (1987) são: a declividade do terreno, a espécie, o diâmetro da base, o diâmetro dos galhos, a altura e o volume individual das árvores, o volume por ha, o espaçamento, o tipo de intervenção que irá ocorrer, o tipo de rebrota, a necessidade de sortimento, a concentração da madeira, a qualidade da atividade anterior, a malha viária (qualidade e quantidade), a altura de tocos após a operação de corte, a distância média de extração (DME), estaleiro (altura, largura, comprimento e a qualidade das pilhas de madeira), o comprimento da madeira, a umidade do solo, o tempo da madeira no campo, a época do ano, a qualidade do planejamento das operações (planificação), a pluviosidade, o sub-bosque, o alinhamento e os danos à floresta remanescente. Em relação às variáveis operacionais, o autor as cita como sendo o conjunto de aspectos ligados diretamente à máquina que influencia a operação e deve ser controlada

com periodicidade definida pelo planejador, para o cumprimento satisfatório das operações propostas. O planejamento e o acompanhamento das variáveis relacionadas à operacionalidade dos equipamentos são de suma importância para a obtenção de bons padrões de produtividade, bem como, a sua manutenção durante toda a vida útil da máquina. Em relação à operacionalidade das máquinas, as principais variáveis que podem afetar a produtividade são: o estado dos elementos de desgaste, a qualidade e eficiência das manutenções preventivas e corretivas, qualidade das peças repostas, estado dos pneus e esteiras, treinamento e reciclagem dos operadores, tipo de jornada de trabalho, e a dependência de outro equipamento.

Como máquina-base, entende-se o meio mecânico que serve como fonte de deslocamento e força propulsora, para que uma determinada atividade seja executada por algum implemento de operação. Uma máquina base normalmente é composta pelos seguintes componentes: um motor, um sistema de transmissão de força, um sistema de tração, um sistema de articulação, o material rodante, um sistema hidráulico, freios, comandos, eixos e um sistema elétrico e hidráulico. Também fazem parte da concepção de uma máquina, itens relacionados à ergonomia, segurança, visibilidade, iluminação, acesso aos pontos de manutenção, dimensões e peso. (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

Como implemento de operação, o autor classifica todas as partes das máquinas que efetivamente realizam a operação para a qual o conjunto máquina-base e implemento de operação foram concebidos. Para cada atividade, dentro da colheita de madeira, existem implementos de operação especificamente desenvolvidos, e, todos eles dependem diretamente das características das máquinas bases para operar. Na sequência de atividades de corte, extração, desgalhamento, traçamento e carregamento, serão apresentados os principais implementos utilizados para suas respectivas execuções. Os implementos mais comumente utilizados no Brasil, tanto para a colheita de *Pinus* sp. como de *Eucalyptus* sp., são: cabeçote de *harvester* e sistemas informatizados de mensuração e sortimento, cabeçotes de *feller* (sabre, disco e faca), “*slingshot*”, garras de *skidder*, carrocerias (auto-carregáveis e *forwarders*), guias e garras, rotatores, guinchos, “*delimbers*”, grades, “*slashers*”, e garras traçadoras (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

ANDERSSON (1987), afirma que os principais elementos que influenciam na produtividade dos equipamentos utilizados e que definem as características do sistema de colheita de madeira para cada empresa são: clima; tipo de solo e relevo, espécie das árvores e suas dimensões, infra-estrutura local, estado de desenvolvimento, tradição e prevalecimento de sistemas e estrutura industrial. Um eficiente sistema de colheita de madeira deve ter grande capacidade de se adaptar às características do ambiente.

2.2.2 CUSTOS DE MÁQUINAS FLORESTAIS

Custo é o “consumo de um fator de produção, medido em termos monetários, para a obtenção de um produto, de um serviço, ou de uma atividade que poderá ou não gerar renda”. (LEONE por HILDEBRAND, 1995).

Segundo KANTOLA & HARSTELA (1994), ao se tentar minimizar custos ou comparar diferentes sistemas de colheita de madeira, sob condições diferentes, devem-se identificar e compreender os fatores de custo e taxas de produção. Outras questões dizem respeito à influência das horas anuais de trabalho, ao tempo ótimo de reposição de uma máquina e à taxa de retorno do investimento. Estas considerações nos auxiliam a:

- comparar custos de diferentes máquinas e equipamentos;
- descobrir quais máquinas ou ferramentas são mais econômicas para comprar ou alugar;
- calcular a rentabilidade de se trabalhar num turno só, com horas extras comparadas com o trabalho em turnos;
- descobrir a rentabilidade de se reorganizar o trabalho;
- determinar uma base para contratos, taxas de serviços ou preços de trabalho por tarefas;
- encontrar a distância ótima de extração;
- calcular os custos da colheita.

STÖHR (1981), ressalta que, tanto para a planificação e controle do emprego de máquinas como para a comparação de diversas alternativas de investimento em maquinário, é necessário ter uma noção, a mais precisa possível, dos custos de utilização das máquinas. Estes devem ser facilmente calculáveis, segundo um esquema que permita comparação.

Para estes fins, em 1956, um comitê para técnicas de trabalho florestal e ensino de operários florestais da “*Food and Agricultural Organization*” FAO/ECE citado por STÖHR (1981), desenvolveu um método para cálculo de custos. O citado método foi aceito pela maioria dos países europeus e é utilizado, desde então, satisfatoriamente, com apenas uma leve modificação em 1971, feita pelo “*Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik*” (KWF). Este método tem, como base, a divisão dos custos em custos fixos, semi-fixos e variáveis. Esta divisão é especialmente vantajosa nos casos em que se deseja calcular os custos, por hora, de uma máquina que não alcançou melhor aproveitamento de sua capacidade de produção. Uma divisão dos custos em fixos e variáveis, não considera estes casos. Existem também, outros métodos para cálculos de custos, porém, são mais complicados. Este método proposto é válido tanto para cálculos prévios como intermediários e posteriores do maquinário florestal. No primeiro caso, utilizam-se valores estimados, no segundo, valores estimados e efetivos, e, no terceiro, só efetivos.

Os principais conceitos e fórmulas utilizados por este método são descritos a seguir:

Custos da Máquina

Custos Fixos: juros, seguros, impostos e garagem

Estes custos são calculados por ano e divididos pelas horas de uso anual da máquina.

Juros: Estes calculam-se mediante a multiplicação do valor de aquisição (V_a) pela taxa de juro simples (j) e por um fator de correção (f).

$$\text{Juros} = V_a \times j \times f$$

O valor de aquisição (v_a) da máquina corresponde ao preço de fábrica, acrescentado dos impostos vigentes, fretes e comissões de venda.

A taxa de juro simples (j) varia para máquinas florestais entre, aproximadamente, 15% (se está declarada como agrícola) e, 50% (se está declarada como bem capital industrial). Este é um dos parâmetros mais decisivos no cálculo do custo.

O fator de correção (f), no cálculo dos custos do juro, tem por finalidade corrigir o montante calculado pelo juro simples, caso se usasse o juro composto, através da fórmula da anuidade, veríamos que os custos seriam superiores àqueles calculados pelo juro simples. Foi determinado que este valor varia entre 0,55 e 0,75, dependendo da importância do valor de aquisição, da taxa de juro e do período de depreciação.

Seguros: devido aos constantes perigos a que estão expostas as máquinas durante os trabalhos florestais, é recomendável assegurá-las contra perda total ou parcial.

Impostos: neste item, anotam-se os custos devidos a pagamentos de taxas rodoviárias e outras.

Garagem: geralmente, as máquinas florestais dispõem de instalações cobertas, onde são guardadas e consertadas. Portanto, deve-se anotar neste item, o aluguel proporcional destas instalações.

Para estes 3 últimos itens, no caso de não existirem dados disponíveis, recomenda-se usar um valor estimado, correspondente a 5 – 10 % do valor de aquisição da máquina.

Custos semi-fixos: depreciação, consertos

Estes custos são calculados por hora de uso (hu). Tanto a depreciação como os consertos podem ser calculados de forma sumária para a máquina, seus acessórios e equipamentos adicionais, ou em caso de se esperar um desgaste desigual, de forma individual.

Depreciação (D): corresponde à distribuição dos custos de aquisição da máquina e/ ou suas partes por separado, nas horas de uso da máquina. Esta forma de depreciação, para cálculo de rentabilidade do emprego de máquinas, não deve

ser confundido com a depreciação contábil, que obedece a razões fiscais. No cálculo de depreciação, distinguem-se os seguintes conceitos:

Valor de aquisição (Va): ver em juros.

Tempo total de uso (H): corresponde ao período de uso da máquina em horas, ou seja, a vida útil, após a qual não vale a pena continuar usando-a devido ao aumento sobre-proporcional dos consertos.

Envelhecimento técnico (N): corresponde ao tempo máximo de uso, em anos, no qual a máquina pode ser usada economicamente. Acontece que muitas máquinas são usadas só algumas vezes por ano, não alcançando sua vida útil (horas) dentro do prazo de envelhecimento técnico. Após este prazo, ela pode seguir em boas condições de uso, mas tecnicamente envelhecida, para competir com as novas máquinas no mercado; ou a carroceria começa a ser destruída pela ferrugem, embora o motor não tenha atingido o tempo total de uso e se encontre portanto ainda em bom estado.

Valor Residual (Vr): após completar o tempo total de uso, ou ficar obsoleta, a máquina está, muitas vezes ainda, em condições de servir nas mesmas operações em que trabalhou, ou mais leves, por um a vários anos. Nesse caso, a máquina tem um valor de revenda, que é importante introduzir nos cálculos de custo/hora, já que isto faz diminuir os custos de aquisição e por conseguinte os custos/hu.

Horas efetivas de uso (hf): são as horas de uso que a máquina atinge, em média, durante um ano.

Limite mínimo de uso anual (U): este parâmetro, também chamado de umbral, indica o número mínimo de horas de uso anual, que garante completar o tempo total de uso (especificado pela fábrica), antes que a máquina fique obsoleta, ou seja, ultrapasse o prazo do envelhecimento técnico. Este valor calcula-se através do quociente: $U = H / N$

Se este quociente for maior que as horas efetivas de uso anual, o tempo total de uso atingir-se-á após o envelhecimento técnico, e, se for menor, o tempo total de uso atingir-se-á antes de ficar obsoleta.

O cálculo da depreciação depende, principalmente do umbral:

a) $D_1 = (V_a - V_r) / H$, quando $U < hf$

b) $D_2 = (V_a - V_r) / (N \times hf)$, quando $U > hf$

No caso a), a máquina fica depreciada antes ou até se cumprir o prazo do envelhecimento técnico.

No caso b), deprecia-se a máquina só pelas horas efetivas de uso atingidas até seu envelhecimento técnico ($N \times hf$), o que quer dizer que os custos de depreciação serão mais altos, já que o tempo total de uso não é completado antes de ficar obsoleta, dividindo-se $(V_a - V_r)$ por um denominador menor.

Consertos (C) : durante o período de depreciação, a máquina deverá ser consertada por diversas razões. Estes custos calculam-se através do produto: custos de depreciação e coeficiente de consertos:

$C = D \times c$, quando $U < hf$

mas, se for o caso em que as horas efetivas sejam menores que o umbral, então dever-se-á corrigir estes custos através do quociente $(N \times hf) / H$, pois, se a máquina não atinge o tempo total de uso, porque as horas efetivas são menores que o umbral, o desgaste da máquina também será menor, portanto, é de se esperar que os consertos diminuam na mesma proporção.

$C = D \times c \times (N \times hf) / H$, quando $U > hf$

O método exemplificado, para determinar os custos de consertos, corresponde ao cálculo linear. Porém, é também possível calcular os custos de consertos de forma progressiva: quanto mais velha a máquina, tanto maior o aumento dos consertos.

O coeficiente de concerto (c) depende do tipo de trabalho a ser efetuado pela máquina e, se os acessórios e equipamentos adicionais são depreciados de forma conjunta ou separada, pois, como é lógico, cada parte tem seu próprio

coeficiente de consertos. Este coeficiente geralmente está compreendido entre 0,5 e 2 do valor de aquisição, conforme o tipo de máquina-base e implemento de operação.

Custos Variáveis: combustível e lubrificantes

Combustível: calcula-se através do consumo por hora-motor. Este valor pode ser estimado através de um acréscimo de 10 – 20 % do consumo indicado pelo fabricante ou pelo fator de consumo 0,14 litro de óleo diesel por hora-motor por HP. No caso de calcular os custos por hora de uso, dever-se-á reduzir o consumo de combustível em aproximadamente 10 –20 %, fator de correção 0,9 ou 0,8 . **Custo de combustível:** fator de consumo x 0,9 ou 0,8 x US\$ por litro.

Lubrificante : os custos de lubrificantes se estimam, por acordo internacional, em aproximadamente 20% dos custos de combustível consumido (exceto a motosserra). Devido ao fato de que o óleo diesel encontra-se atualmente subvencionado no Brasil, ficando abaixo dos custos reais, a estimativa certa, para os custos de lubrificantes, deveria se obter com um fator de 30 a 40%.

Custos de Pessoal

Estes custos são igualmente custos variáveis e estão formados pelos custos de operação (maquinista, ajudantes) e custos de manutenção

Custos de pessoal de operação: estes custos calculam-se tanto para maquinista (operador de máquina) como ajudante(s), dividindo o respectivo salário bruto/mês (incluindo encargos e benefícios) pelas horas de trabalho/mês, de acordo com a tarifa de trabalho.

Custos e manutenção: estes se estimam por acordo internacional em 15% do custo/hora do maquinista, podendo atingir 25% se a máquina requer uma lubrificação acima da média.

Custos de Administração

Todo trabalho florestal, como qualquer outro, precisa, além dos operários que fazem o trabalho, de técnicos para dar instruções e controlar o trabalho, de meios de transporte e

da infra-estrutura central (contador, chefe de pessoal, secretárias, gerentes, diretores etc). O custo de administração pode-se calcular também por convenção, como uma percentagem dos custos diretos, ou seja, da soma dos custos da máquina e do pessoal. Sugere-se usar 10 –15 % dos custos diretos.

Custos de Empreitada

No caso em que um trabalho seja efetuado pelo empreiteiro e não pela própria empresa (proprietários da floresta), deverão se acrescentar aos custos totais/hu :

5 – 10 % por risco

10 % de lucro

8 – 15% pelo imposto fiscal

O esquema para cálculo de custo/hora de máquinas florestais sugerido pela FAO/ECE/KWF, citado por STÖHR (1981), descrito no parágrafo anterior, encontra-se no Anexo I.

KANTOLA e HARSTELA (1994), definem que custos fixos são os custos constantes durante um período definido e, portanto, independentes do nível de atividades ou utilização. Eles incluem a maior parte dos custos de administração e o investimento do capital nestes últimos e os custos fixos representam a depreciação e o juro. Outros custos fixos são as despesas administrativas, seguros e determinadas taxas.

Os custos variáveis dependem do nível das atividades ou utilização. Os custos de combustível, lubrificantes, serviços, manutenção, reparos e salários aumentam em relação ao uso da máquina (KANTOLA e HARSTELA 1994).

Os custos podem ser divididos em custos de máquina e custos de mão-de-obra. O custo de mão-de-obra compreende os salários diretos e benefícios adicionais; estes podem incluir férias anuais, feriados oficiais, seguro contra acidentes, pensão, salário-família, assistência médica, educação, moradia, refeições ou comida, transporte e vestuário de proteção. Estes benefícios adicionais ou encargos sociais podem variar consideravelmente. Os custos do pessoal de operação de máquinas deve ser incluído no custo operacional da máquina (KANTOLA e HARSTELA 1994).

Uma forma alternativa de estimativa de cálculo de custos de máquinas florestais foi proposta por SUNDBERG (1990), através da utilização do consumo de combustível da máquina como um indicador do custo da máquina florestal. Este trabalho foi desenvolvido com o estudo de aproximadamente 1000 máquinas de colheita de madeira em empresas florestais suecas. O uso deste índice está subjugado a dois outros fatores: a intensidade de uso e a maturidade técnica da máquina. Ainda, segundo o autor, a utilização deste método permite uma consistente comparação entre firmas e países.

2.2.3 ANÁLISE DE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA

Até agora a exploração florestal, em especial, a colheita de madeira, foi analisada em forma de blocos isolados, de acordo com os trabalhos que se efetuam de forma conjunta ou consecutiva, num tempo determinado. À medida que melhora a acessibilidade das florestas e aumenta a mecanização, uma melhor planificação dos trabalhos florestais e uma previsão mais exata dos custos é cada vez mais imprescindível, quando se deseja continuar competindo com outras empresas na área florestal. Isto significa que as diferentes operações devem ser analisadas em conjunto, isto é, como um sistema de várias unidades interdependentes. Por outro lado, com o aumento da mecanização nos trabalhos florestais, torna-se cada vez mais importante um aproveitamento apropriado das capacidades de produção das distintas máquinas, empregadas nas respectivas operações florestais (STÖHR, 1978).

É possível obter, através de uma apurada análise de sistema a otimização na utilização dos distintos fatores de produção, diminuindo ao máximo, o tempo de estocagem da madeira entre as distintas operações (STÖHR, 1978).

Segundo MALINOVSKI (1984), a análise dos sistemas de procedimentos para colheita de madeira consta de três partes:

- a) Descrição precisa das características dos sistemas de colheita de madeira:

O primeiro passo da análise de sistemas é a descrição dos sistemas e procedimentos, indicando custos e rendimentos. A descrição dos sistemas e procedimentos deverá conter informações sobre:

- as condições do local a explorar, tendo-se em consideração a espécie e dimensões, a topografia, a acessibilidade, a estação do ano e condições atmosféricas, o número e preparação dos operários, técnicos e engenheiros e os recursos financeiros e mecânicos;
- as condições que o mercado impõem sobre os produtos (sortimentos);
- rendimentos e custos, em função das características do objeto de trabalho, (DAP, espécie, volumes unitários, etc) da topografia, acessibilidade e aproveitamento da capacidade de produção;
- estrutura de custos dos meios de produção e pessoal e a tendência do seu desenvolvimento;
- o grau da necessidade de planificação e organização e seus custos adicionais (eventuais custos por erros de organização);
- capacidade de produção das máquinas e as condições para seu aproveitamento ótimo, por exemplo: volume por unidade de superfície, volume total da área explorada, etc.
- tempo de aprendizagem e domínio, no caso de máquinas novas;
- a influência dos procedimentos sobre o solo, as árvores remanescentes e a madeira explorada em função do povoamento, topografia, acessibilidade, condições atmosféricas, meios de produção e aptidão dos operários e técnicos;
- aspectos fisiológicos, especialmente ruídos, vibrações e gases de escape;
- forma apropriada de remuneração.

b) Representação gráfica de sistemas de colheita de madeira e procedimentos:

Para facilitar a análise dos sistemas, convém utilizar uma forma de representação que garanta um máximo de conteúdo informativo num espaço reduzido, onde fique caracterizado o sistema, o procedimento e o método de trabalho.

Em especial, interessa representar o número de operários e as máquinas a empregar nos diferentes trabalhos parciais, a seqüência e a interdependência destes trabalhos parciais e o lugar onde serão desenvolvidos.

A representação gráfica do sistemas e procedimentos pode ser feita através de diferentes formas, embora prevaleçam dois tipos básicos; a representação linear e a representação em matriz.

Cada tipo de representação gráfica recorre a distintos códigos de números, letras e ou símbolos. A caracterização dos sistemas e procedimentos pode orientar-se segundo a atividade ou o resultado. Para a representação dos sistemas utilizados, destacamos aquele com forma de matriz, no qual um vetor indica o lugar de trabalho e o outro os trabalhos parciais que acontecem nestes lugares.

Para a representação gráfica dos sistemas, cujos vetores contêm o local de trabalho onde cada atividade parcial é executada, podemos diferenciar trabalhos no: povoamento, trilhas de arraste, estrada florestal, pátios de acabamento, semi-estacionamento na floresta, pátios de acabamento estacionário e indústria.

c) Avaliação dos sistemas de colheita de madeira e procedimentos

A avaliação dos sistemas e procedimentos pode incluir tanto os critérios econômicos como os não diretamente avaliáveis economicamente. Este método abrange os custos diretamente avaliáveis, como instrumento importante na tomada de decisão de um empreendimento.

O esquema para avaliar cada sistema e permitir assim uma comparação objetiva com outras alternativas, está formado por quatro tabelas: tempo de trabalho e rendimento segundo os trabalhos parciais; custos de pessoal e meios de produção; custos por trabalho parcial e total no balanço do sistema.

O tempo de trabalho e rendimento, segundo os trabalhos, são o ponto de partida para cálculos posteriores. Neles são estimados, para cada trabalho parcial, os tempos requeridos pelo pessoal na sua realização, como também os tempos de trabalho e respectivos rendimentos dos meios de produção utilizados. Na tabela de pessoal e meios de produção, encontram-se calculados, os custos subtotais e

totais, baseando-se nos tempos de trabalho e os respectivos custos por hora e minuto. Os custos por trabalho parcial e total servem para analisar separadamente cada um dos mesmos. Segundo o pessoal e os meios de produção, obtêm-se assim os trabalhos parciais de menor e maior intensidade de mão-de-obra e suas possibilidades de racionalização. Finalmente, o balanço do sistema fornece unidades de produção necessárias por trabalho parcial, para garantir uma realização harmoniosa da cadeia de trabalho, ou seja, uma seqüência dos trabalhos florestais de forma a garantir uma otimização do aproveitamento das capacidade de produção do pessoal e dos meios de produção. Visam também a diminuir, ao máximo, os tempos de armazenagem da madeira em processamento.

2.3 PROGRAMAS COMPUTACIONAIS DESENVOLVIDOS NA ÁREA DE COLHEITA DE MADEIRA

Os primeiros trabalhos desenvolvidos no Brasil, envolvendo programas em microcomputadores para cálculos de custos datam de 1977, quando HOSOKAWA desenvolveu um programa para estimativa de custos de máquinas florestais. O programa foi escrito na linguagem “BASIC” e sua estrutura central era baseada na entrada e saída “*INPUT e OUTPUT*” de variáveis no sistema. Sua metodologia de cálculo de custo horário era o sugerido pela FAO/ECE/KWF de 1971.

Em 1978, BURGER apresenta outro programa de computador para “Cálculo de Custos de Máquinas”, escrito na linguagem “BASIC”, para ser processado em um computador de 8 K de memória (p.ex. HP 9830 A). O programa exigia a entrada de 25 dados pelo teclado do próprio computador, que posteriormente eram gravados em fitas. Após chamar os dados, o programa oferecia três opções:

- Opção 1: Calculava os custos e limite mínimo de uso anual;

- Opção 2: Podia-se escolher uma variável e mandar o computador variar o mesmo dentro de certos limites;
- Opção 3: Podiam-se escolher duas variáveis para variar dentro de certos limites a serem definidos pelo operador.

Algumas empresas florestais no Brasil possuem seus próprios sistemas de simulação e controle de suas atividades. BORGES et al. (1989), citam um sistema de programação e controle da produção, que quantifica a produção de celulose da fábrica, os índices de rendimento industrial, o consumo, corte e estoques de madeira em função da necessidade de madeira pela fábrica ao longo do ano. O método usado para definir o programa de produção é a simulação, onde são feitos vários exercícios até se chegar a um resultado que atenda as restrições e exigências das áreas envolvidas.

Ainda com relação a programa computacional “*software*” para estimar custo operacional de máquinas e equipamentos utilizados na colheita de madeira, LEITE et al. (1996), afirmam que, apesar da grande importância do custo operacional de uma máquina florestal, ainda não existe uma metodologia-padrão para sua determinação e isto tem gerado resultados diferenciados para uma mesma máquina e com unidades diversas. Assim sendo, desenvolveram um *software*, em linguagem Turbo Pascal, que permitia os seguintes procedimentos:

- Criação de bases de dados com as características técnicas das diversas máquinas florestais consideradas;
- Acessar as bases de dados criadas;
- Selecionar a máquina florestal a ser utilizada;
- Calcular o custo operacional da máquina selecionada;
- Gerar relatório final

Com o objetivo de propor uma metodologia para desenvolver um sistema de apropriação e análise de custos de produção para a empresa florestal, identificar o conjunto de informações necessárias referentes aos custos de produção, necessários à gestão da empresa florestal, descrever os procedimentos de cálculo mais adequados, construir um sistema através de planilhas eletrônicas e testar através de um exemplo prático,

HILDEBRAND (1995), desenvolveu como dissertação, um sistema de apropriação e análise de custo para a empresa florestal. O programa foi desenvolvido em planilha eletrônica (Microsoft Excel 5.0) e automatizado por meio de controles com o auxílio de linguagem para programação (Microsoft Visual Basic 3.0).

Em 1992, PARVIAINEN faz menção a um programa de computador desenvolvido na Finlândia para a escolha de diferentes métodos de reflorestamento e sua correlação com sistemas de exploração florestal. Este sistema desenvolvido aborda o seguinte: o conhecimento biológico sobre regeneração, os custos da regeneração, a futura capacidade de produção de madeira e o valor da floresta previamente estabelecido. O programa supre as informações básicas necessárias para a seleção da cadeia de regeneração mais lucrativa.

Do ponto de vista técnico de programação, segundo OBERT (1989), os microcomputadores, principalmente os portáteis, permitem uma facilidade no levantamento, correção e avaliação de dados. O desenvolvimento de *softwares* para estas máquinas irá ampliar muito as áreas de cunho científico (estudo de trabalho, ergonomia) e estes programas terão cada vez maior aplicação nos trabalhos práticos rotineiros, como a colheita de madeira, cubagem e cálculo de custos.

Um grande passo no planejamento das atividades de colheita de madeira será dado com a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Porém, as informações fornecidas por estes sistemas necessitam ser melhoradas e aplicadas à colheita de madeira, segundo MacDONALD (1992). O desenvolvimento da tecnologia em SIG, sem *softwares* de aplicação, será insuficiente para ajudar o engenheiro florestal a formular planos de colheita de madeira, que possuam os requisitos necessários.

Em 1990, RANDHAWA e OLSEN desenvolveram o "LOGSIM", uma ferramenta para projetar e analisar sistemas mecanizados de colheita de madeira. As características deste sistema de simulação incluem, do início ao fim, uma interface de definição em série, uma seção interativa, características do sistema de colheita a ser analisado, e um gerador de relatórios de fácil compreensão e interpretação, possuindo também, um pacote de gráficos dos resultados da simulação.

Também em 1990, RANDHAWA e OLSEN apresentam um modelo de simulação de colheita de madeira para analisar uma operação inteira, desde a colheita da madeira até a fábrica. O modelo pode manusear 13 processos, incluindo corte, desgalhamento, destopo, mensuração e traçamento, amontoamento, extração, pré-carregamento, carregamento, descascamento, sortimento, cavaqueamento e transporte. O usuário é capaz de definir a interatividade específica para cada configuração dos sistemas de colheita sob análise. Alguns parâmetros podem ser especificados por máquinas e dar instrumentos de carregamento com detalhes dos tempos do processo, capacidade das máquinas e quebras de produção, custos e números disponíveis. Outras entradas necessárias incluem quantidades, fluxo e tamanho do material a ser processado. O modelo é uma rede de trabalho baseado em uma construção modular de fácil uso e adaptação.

Ainda em 1990, foi desenvolvido um programa de simulação para colheita de madeira, através de animação por computador, feito por BLOCK e FRIDLEY. Em um ambiente tridimensional, colorido, em tempo real, desenvolveu-se um simulador gráfico para corte de árvores com *feller-buncher*. Foram simulados botões, mostradores de serviço, acelerador, volante, freios e outros controles. Parâmetros reais da máquina e do talhão foram animados, e, a visão através do pára-brisa do *feller-buncher*, é mostrada na tela. As árvores são cortadas e depositadas pelo operador através da simulação e são produzidos dados, indicando o estágio inicial e final da floresta.

Em 1991, FRIDLEY et al., desenvolveram um programa para examinar a configuração de *feller-buncher* e seu índices de operação. A análise, pelo computador, permitia que o usuário variasse alguns parâmetros descritivos que especificam componentes mecânicos e geométricos da máquina. Como resultado, o programa estimava tempo do ciclo de operação da máquina.

BASS et al., também em 1991, desenvolveram um *software* para metodologias de controles interativos e simulação de máquinas florestais. O objetivo principal é a simulação do tempo real de máquinas florestais. Partes reais de máquinas são criadas com programas sólidos de modelos-padrões e os relacionamentos entre as partes conectadas são definidos. As entradas dos controles da máquina são por joysticks conectados ao PC. Este método de

simulação foi usado para examinar rapidamente conceitos de protótipos de equipamentos de colheita de madeira.

Outro *software* para seleção de equipamentos de colheita de madeira baseado em sistemas de microcomputador foi desenvolvido por RANDHAWA et al. (1992). O sistema é baseado em perguntas feitas na operação de extração e nas condições de mercado. Este sistema combina as necessidades do usuário a nível de mecanização, que maximiza a eficiência de operação da produção. O computador realiza isto, procurando extrair do banco de dados as informações que contêm tecnologias disponíveis e que impactam na eficiência da produção, na economia e no ambiente. O nível de mecanização é determinado por específicas combinações das máquinas existentes. As alternativas geradas, usando-se esta metodologia, devem ser usadas em modelos de simulação. Esta ferramenta está intencionada a ajudar, no longo prazo, níveis estratégicos de planejamento tanto para engenheiros de empresas de consultoria como gerentes e proprietários de indústrias privadas. Este programa também pode ser utilizado para estimativa de curto prazo, para o planejamento de terceiros.

MANTOVANI et al. (1992) desenvolveram um modelo de simulação para análise de custos de colheita de madeira e transporte de biomassa baseados na geografia, densidade e plantas locais. O modelo de simulação foi desenvolvido para avaliação de sistemas alternativos designados para colheita e manuseio de madeira para energia e resíduos de fazendas e florestas economicamente competitivos, para a planta de conversão em base por ano. O programa foi escrito na linguagem "SLAM II", com a combinação de evento-modelo de uma rede de trabalho discreta. Todas as operações de colheita e transporte de biomassa foram modelados através de controles por avaliação dos recursos (representados pelas máquinas) e por condições do clima, limitando os dias de trabalho. Dez anos de dados climáticos da região foram incluídos no modelo. Diferentes combinações e proporções de 3 tipos de estoques de resíduos (milho, chips de madeira e feno) foram estudados. Os resultados são descritos para uma fábrica de 20 milhões de litros de combustível /ano em Indiana central -USA.

Também em 1992 a Food and Agricultural Organization (FAO), Forest Products Division e Forest and Harvesting and Transport Branch, desenvolveram um controlador de custos para colheita de madeira e construção de estradas. O manual foi designado para dar assistência a gerentes de colheita de madeira para rapidamente calcular custos, alterar várias opções, envolvendo diferentes combinações de máquinas e sistemas de colheita (Incluindo máquinas básicas, intermediárias e avançadas). Capítulos cobertos: Princípios de controle de custos; Custos unitários e equações de custos; Cálculos de taxas de máquinas;; Estimativas de custos unitários de construção de estradas; Estimativas de custos unitários de colheita; “PACE” – programa de computador para cálculos de custos ; Aplicações avançadas do “PACE”.

KOGER (1992), desenvolveu um sistema para análise de colheita de madeira, usando o sistema “STALS-3”, o qual é um simplificado sistema de computador que usa funções de produção, perguntas teóricas e técnicas de simulação para analisar as interações entre as atividades de arraste, carregamento e transporte para sistemas quentes. O programa analisa taxas de estimativas de produção horária por funções de produção, custos unitários da produção e proporções de custos horários por equipamento para arraste, carregamento e transporte. Perguntas teóricas são usadas para determinar a probabilidade de um caminhão estar disponível para o carregamento, produção horária e número ótimo de caminhões. A porção de simulação do modelo determina atrasos dos equipamentos e custos de colheita. O programa foi escrito na linguagem Microsoft “QuickBASIC” e está disponível para rodar em computadores pessoais (PC).

Em 1993, BAUMGRAS et al. desenvolveram um sistema de computador para estimar e validar a produção de sistemas de colheita de madeira. “Ground Based Harvesting System Simulation” (GB-SIM), foi desenvolvido para estimar índices de produtividade, desde o corte até o transporte da madeira e multi-produtos para terrenos bases convencionais de sistemas de colheita de madeira em talhões de “Appalachian hardwood”. Resultados de simulação refletem entradas de dados que definem as condições de sítio e da floresta, as opções de utilização da madeira e atributos-chaves para as operações de colheita. A validação estatística do “GB-SIM” foi conduzida com dados de

produção coletados de 16 “harvesters” e 2 carregadores, incluindo desbastes e corte raso em talhões de “Appalachian hardwood”. O erro estimativo da média foi de 14,1 pés³ / hora (ou 2,6% dos índices observados). Para 10 das 16 unidades, este erro foi de menos de 10% dos índices de produção observados. Estes resultados de validação indicaram que o “GB-SIM” pode ser usado para estimar a produtividade de sistemas de colheita de madeira.

MacDONALD (1993), desenvolveu um modelo computacional para planejamento de colheita de madeira. O programa de computador “Forest Resource Planning-Harvest Module” (FRP), foi desenvolvido para ajudar no planejamento de operações florestais. O “FPR” pode auxiliar os planejadores florestais a organizar dados, fazer perguntas ao banco de dados, calcular o volume de árvores, valores e custos, e gerar relatórios.

Em 1994, LINEHAN e CORCORAN desenvolveram um sistema para tomada de decisão sobre sistemas de colheita de madeira em terras florestais industriais. Usando a inteligência artificial para pesquisa, um sistema suporte de decisão para colheita de madeira pode conduzir o florestal através de uma série de questões para chegar na determinação da viabilidade da colheita da madeira. O programa designado “X-Harvester”, foi escrito no pacote de desenvolvimento, “EXSYS Professional”. O sistema está dividido em módulos que são acessados independentemente, através do menu do programa. Embora desenvolvido para as condições do estado do Maine nos Estados Unidos da América, ele pode ser adaptado a outras regiões. Modelos de custos de máquinas, em separado, cálculos individuais de máquinas utilizam muitos métodos em comum. Os módulos de sistemas de colheita são construídos especificamente para máquinas individuais. Custos trabalhistas e operacionais são incluídos na análise. O preço da madeira e o valor dos módulos, utilizam valores de preço guardados em uma tabela de banco de dados, e são usados para calcular o rendimento da venda da madeira e o custo dos valores da madeira comercializada. Os cálculos são feitos por espécies e produtos. O usuário pode mudar os preços e valores da madeira, editando o banco de dados. Os cálculos do processo do módulo de viabilidade financeira, utilizam valores do módulo anterior. O usuário pode computar custos para o sistema inteiro como um todo, ou para cada máquina especificamente, com uma base individual de dados. Os custos também podem ser colocados em base diária ou horária.

Variados custos, como o de construção de estradas, cargas administrativas, ou de transporte, podem ser incluídos. Os cálculos do módulo de regulação de corte da operação obedecem às leis usadas em Maine para uso do solo e da madeira. O usuário pode ainda calcular a operabilidade e suscetibilidade física do sítio e solo para regeneração das florestas.

MacDONALD (1996), desenvolveu um programa computacional para pesquisa florestal (FRP), com o objetivo de ajudar planejadores florestais com áreas baseadas em planejamento de silvicultura e colheita. Trabalhando em conjunto com “TerraSoft GIS”, o “FRP” permite que os planejadores projetem estradas e blocos de corte em mapas digitais e calculem vários custos, rendimentos e volumes. O módulo de silvicultura do “FRP” capacita os usuários a estimar custos de silvicultura e fazer previsões de desenvolvimentos florestais em tratamentos de base unitária. Foi desenvolvido um sistema baseado em “SIG” para classificação de séries de sítios poligonais biogeoclimáticos.

Outro software de importância é o produzido pela “CC Systems AB”, na Suécia em 1997, denominado “Silvi-A”. Este programa foi desenvolvido em um acordo entre as empresas fabricantes de máquinas florestais: Ponsse, Rotne, Sisu Logging e Timberjack, e permite ao usuário gerenciar novas listas de preços de madeira, instruções de modificação de traçamento e comunicação com os “harvesters”. Podem também, estimar os resultados da produção, usando apenas uma ferramenta para todos os tipos de “harvesters” fabricados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do programa de simulação de colheita de madeira foram utilizados os *softwares* Microsoft Visual Basic 6.0 e Microsoft Access 7.0. Utilizou-se como “*hardware*” (equipamentos de computação) um microcomputador PC com processador *pentium* 200 HZ (Hertz) e com 32 MB “*Mega bytes*” de memória de acesso randômico. Também, utilizou-se catálogos de máquinas e implementos florestais e bibliografias relacionadas a tópicos de análise de sistema de colheita de madeira.

Na avaliação do programa foram utilizados dados referentes a um projeto florestal em época de corte, máquinas, implementos e planejamentos operacionais e de corte próximos da condição real de uma empresa florestal.

Os principais métodos utilizados no desenvolvimento do programa para simulação de colheita de madeira, denominado doravante de “SCM” (Simulador de Colheita de Madeira), em sua grande maioria, foram criados especificamente para este trabalho.

A metodologia consistiu basicamente na definição de dados que devem ser inseridos no programa para possibilitar a geração de um quadro de análise dos sistemas de colheita de madeira. Para que isto fosse possível, foi feito uma listagem de tudo o que poderia influenciar a análise de sistemas de colheita de madeira. Também, teve-se que definir uma linguagem de programação e um banco de dados para se poder desenvolver o *software* SCM.

3.1 DEFINIÇÃO DAS INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

O desenvolvimento deste trabalho foi definido em relação aos resultados que o *software* deveria gerar, que são: o custo operacional contábil e financeiro por unidade de madeira produzida (por máquina individual e para o sistema), e o número de máquinas, de

dias e de homens necessários para se colher um determinado volume de madeira. Para isto foram necessários dois componentes básicos: um estimador de custos operacionais e um simulador de produtividade.

A partir destas definições foram relacionadas todas as variáveis que interferem na produtividade e nos custos das máquinas envolvidas nas operações de um sistema de colheita de madeira que são: o corte, a extração, o desganhamento, o sortimento e, eventualmente, o cavaquamento. As variáveis que influem nestas operações foram agrupadas da seguinte maneira:

- a) variáveis do projeto florestal a ser manejado;
- b) variáveis do planejamento das operações;
- c) variáveis do planejamento de custos;
- d) variáveis das máquinas e equipamentos de colheita de madeira.

3.1.1. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PROJETO FLORESTAL A SER MANEJADO

A estimativa da produtividade das máquinas de colheita de madeira somente é possível desde que se saiba em quais condições se encontra o povoamento a ser manejado. Para maior compreensão, o conjunto de informações para se planejar a colheita em um determinado talhão, projeto florestal, fazenda ou unidade homogênea de corte, foi dividido em dois grupos denominados de variáveis físicas do terreno e variáveis do povoamento. Uma unidade homogênea de corte pode ser definida como sendo um povoamento ou um conjunto de povoamentos nos quais, somente uma média é necessária para representar cada variável.

Para fins de conceituação, as variáveis físicas do terreno foram caracterizadas como sendo todas as variáveis que influenciam na produtividade das máquinas de colheita de madeira, independentemente do povoamento. Já, as variáveis do povoamento foram

caracterizadas como sendo todas as variáveis que influenciam na produtividade das máquinas de colheita, independentemente das variáveis relacionadas ao terreno.

Desta forma, procurou-se relacionar todas as variáveis nas operações de colheita de madeira e que estivessem relacionadas diretamente com o local onde as operações acontecem.

3.1.2 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DE MADEIRA

Procurou-se relacionar todas as variáveis que podem interferir na produtividade das máquinas de colheita de madeira e que podem ser controladas pelo planejador da colheita. Estas variáveis estão diretamente ligadas à forma de operação do sistema e à qualidade ou definição das dimensões e disposições que os fustes, pilhas ou montes de toras devem possuir durante a colheita até sua disposição nos estaleiros.

3.1.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PLANEJAMENTO DE CUSTOS DAS MÁQUINAS E IMPLEMENTOS

Nesta parte do trabalho relacionaram-se todas as variáveis que compõem o custo horário de uma máquina de colheita de madeira. Para tal, utilizou-se uma metodologia sugerida pela FAO/ECE/KWF citado por STÖHR (1981), segundo a qual, os custos são divididos em custos da máquina (custos fixos, semi-fixos e variáveis), custos do pessoal, e custos de administração. Além das variáveis de planejamento de custos, foram relacionadas as variáveis que alimentam a estrutura de cálculo de custos e cujos valores são diferentes para cada tipo de máquina e implemento de colheita de madeira. Estas

variáveis são definidas na escolha dos equipamentos para se realizar cada operação de colheita.

3.1.4 DEFINIÇÃO DAS MÁQUINAS E IMPLEMENTOS A SEREM UTILIZADOS NO PROGRAMA

Em função das operações de corte, extração, desgalhamento, sortimento e cavaqueamento, foram definidos os principais tipos básicos de máquinas disponíveis no mercado nacional, que pudessem realizar estas operações.

A partir destas definições, as mesmas foram classificadas conforme as operações por elas desempenhadas, e foram divididas em categorias, conforme alguns parâmetros como: potência do motor, tipo de tração e peso. E para cada tipo de máquinas-base, foram genericamente categorizados, os implementos de operação que pudessem ser acoplados às mesmas.

3.2 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA PARA CÁLCULOS DE CUSTO DE MÁQUINAS E IMPLEMENTOS PARA COLHEITA DE MADEIRA

A metodologia utilizada foi a sugerida pela FAO/ECE/KWF citada por STÖHR (1981), descrita no item 2.2.2, e é válida tanto para cálculos prévios, como intermediários e posteriores, da máquina florestal. No primeiro caso, utilizam-se valores estimados, no segundo, valores estimados e efetivos e, no terceiro, só efetivos. Dentro deste esquema de cálculos, foram feitas pequenas alterações relacionadas com a separação de uma máquina de colheita de madeira em uma máquina-base, e um implemento de operação, fazendo com que custos relacionados à depreciação, à manutenção e consertos também sejam separados.

Outro aspecto foi a utilização de custo operacional econômico, onde os custos se apresentam de forma integral, com todos os seus componentes; e, do custo operacional financeiro, do qual são retirados os valores referentes a juros e depreciação, ficando, desta maneira, somente os valores que representam o fluxo de caixa necessário para desenvolver as operações.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR DE PRODUTIVIDADE PARA MÁQUINAS E IMPLEMENTOS UTILIZADOS NO PROGRAMA

Dentre as possibilidades para se desenvolver um simulador de produtividade, existem, basicamente, duas opções: o ajuste por equações ou o uso de fatores de correção. A utilização de equações pode ser a mais correta, porém, há a necessidade de se ter uma quantidade muito grande de dados, pois, para um tipo básico de máquina de colheita de madeira, existem muitas variáveis que influenciam em sua produtividade e que são de difícil mensuração. Outro ponto a ser salientado é que as equações deveriam ser desenvolvidas por categoria de máquinas-base, junto com implemento de operação, ou seja, um ajuste por espécie de máquina utilizada, o que aumentaria ainda mais a quantidade de dados.

Devido à escassez de dados de produtividade, na literatura técnica brasileira, optou-se por desenvolver um método de estimativa de produtividade por uso de fatores de correção.

Este método parte do princípio de que, para cada combinação de máquina-base e implemento de operação, existe uma condição ótima de operação, na qual haverá uma produção máxima; e, a partir do momento em que as variáveis que influenciam na produtividade começam a dificultar a operação, há uma redução de produtividade da máquina-base e/ou de seu implemento.

Para que se pudesse montar o simulador, os seguintes passos foram seguidos:

- 1) Relação de todas as variáveis que influenciam na produtividade das máquinas de colheita de madeira;
- 2) Relacionamento destas variáveis com os tipos de máquinas;
- 3) Divisão de cada variável em classes;
- 4) Definição da produtividade máxima de cada máquina-base junto com seu implemento de operação em função das classes das variáveis;
- 5) Atribuição dos fatores de correção para cada classe das variáveis em função de cada máquina-base mais implemento de operação;
- 6) Montagem da estrutura de cálculos para o uso de fatores de correção simples e conjugados, incluindo a definição dos grupos de influência das variáveis.

A estrutura de cálculos para se utilizar fatores de correção simples é, basicamente, a produtividade máxima da máquina-base e implemento de operação reduzido do somatório de todos os fatores de correção para cada variável que afeta a produtividade da máquina.

Devido a muitas das variáveis que influenciam na produtividade apresentarem correlações entre si, porém por não se ter dados suficientes para determiná-las, optou-se também pelo desenvolvimento de fatores de correção conjugados.

O uso de fatores conjugados tem como base a redução da produtividade máxima da máquina base mais implemento de operação, através da soma de grupos de fatores. Já estes grupos de fatores foram definidos como conjuntos de variáveis que possuem correlação entre si, porém, não se sabe o quanto. Desta maneira, multiplicaram-se, dentro dos grupos, os fatores de correção, na tentativa de homogeneizar estes dados.

3.4 ANÁLISE DO SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA

A análise do sistema teve como função demonstrar os resultados obtidos após a definição de todas as variáveis necessárias para uma simulação de colheita de madeira, fornecendo resultados que servem como parâmetros para tomada de decisões.

Para se construir o quadro de análise de sistemas, que é o resumo da simulação, utilizaram-se as informações fornecidas pelo simulador de produtividade e o custo horário estimado, além de informações do planejamento operacional. De posse destes valores, desenvolveu-se uma estrutura de cálculos para demonstração dos resultados objetivados pelo programa.

3.5 DEFINIÇÃO DA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO A SER UTILIZADA NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA

Dentre as muitas linguagens de programação existentes, procurou-se a que mais se adequasse às seguintes necessidades:

- Tivesse boa conexão com banco de dados;
- Abrangesse programação em ambiente gráfico;
- Pudessem gerar arquivos executáveis;
- Fosse de rápida aprendizagem;
- Houvesse disponibilidade de profissional para orientação.

3.6 CODIFICAÇÃO DO PROGRAMA

A partir da definição das informações necessárias para o desenvolvimento do programa para simulação de colheita de madeira e também da linguagem de programação, iniciou-se a codificação do programa, que passou pelas seguintes fases:

- 1) Montagem do fluxograma de procedimentos;
- 2) Planejamento e desenho das telas;
- 3) Desenvolvimento do banco de dados;
- 4) Codificação do programa.

3.7 INCLUSÃO DE VALORES NO BANCO DE DADOS

Uma vez desenvolvido o programa e o banco de dados inicialmente com valores fictícios, passou-se à coleta de dados acurados para se poder fazer simulações próximas de condições reais.

Os dados foram coletados junto aos maiores fabricantes e distribuidores de máquinas e equipamentos florestais no Brasil, havendo a possibilidade de aferição dos mesmos junto aos usuários destas máquinas.

3.8 TESTE DO PROGRAMA

Uma vez terminado o programa para simulação de colheita de madeira, efetuou-se um teste em uma empresa florestal para se verificar as possíveis distorções nos resultados.

O teste foi feito procurando-se utilizar o planejamento operacional e o de custos mais próximos da realidade dos utilizados pela empresa, em uma área na qual já havia sido feita a colheita de madeira com máquinas e implementos que estariam disponíveis para simulação no programa, obtendo-se então dados históricos reais da produtividade destas máquinas nesta situação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA

O sistema para simulação de colheita de madeira é composto por um programa que busca informações em um banco de dados e que as utiliza para fazer as simulações. Desta maneira, existem dois componentes básicos: o banco de dados e o programa.

O banco de dados é do tipo relacional, ou seja, uma vez que uma informação é cadastrada em uma tabela, não há a necessidade de ser repetida em outra; somente se faz referência por meio de relacionamentos. Sua estrutura apresenta 87 tabelas, das quais 72 são referentes a fatores de correção para as variáveis que influenciam a produtividade das operações de colheita de madeira de *Pinus* sp e de *Eucalyptus* sp .

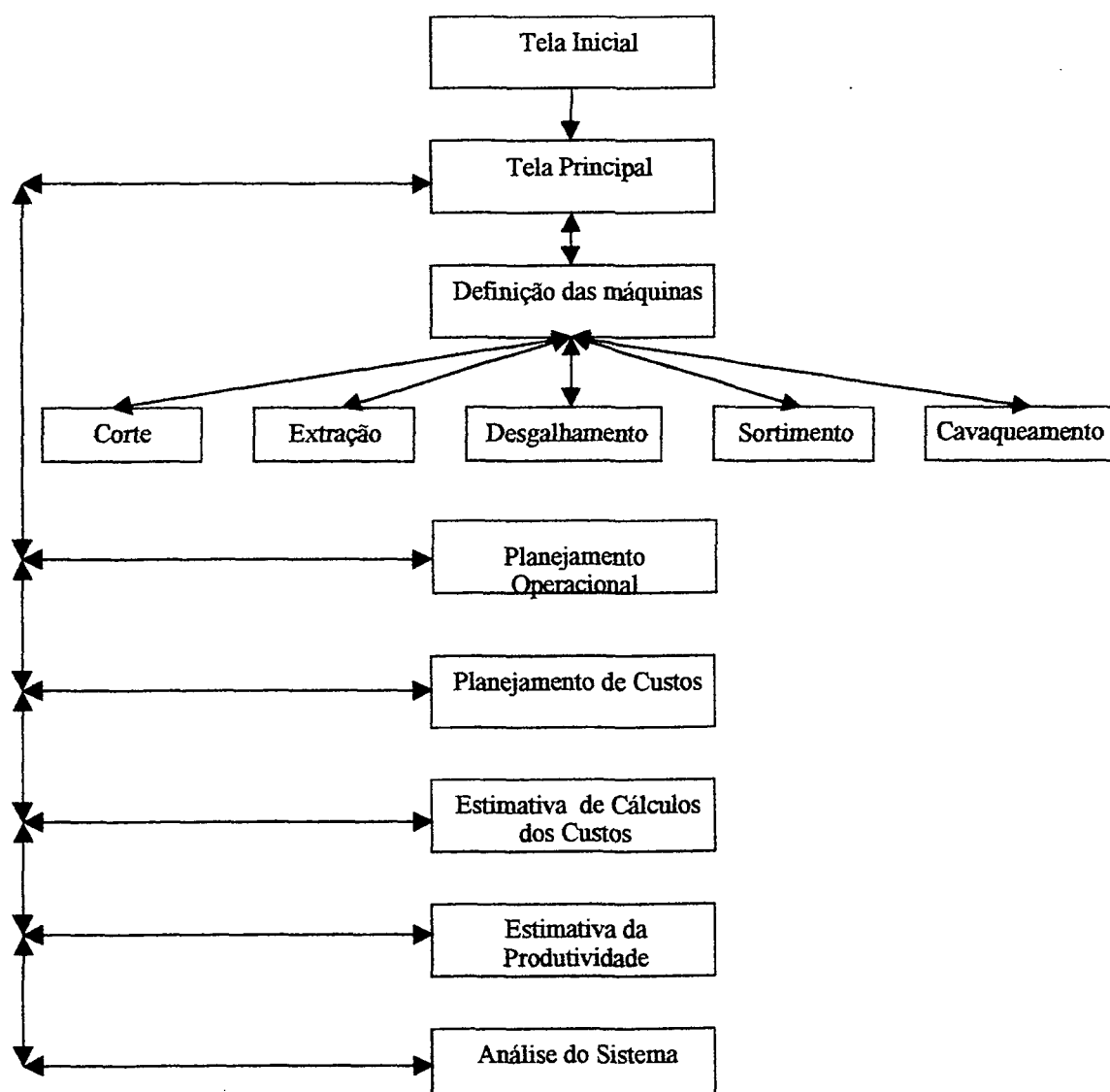
Já o sistema está estruturado da seguinte maneira: há, inicialmente, uma tela de entrada com informações básicas sobre o sistema (Anexo II-a), a partir da qual se tem acesso para o carregamento da tela principal (Anexo II-b). Esta tela principal é composta por um “menu” de onde se entra nas demais telas que compõem o SCM.

A partir da tela principal, tem-se acesso a todas as demais telas, sendo que, o programa exige que as informações sejam fornecidas em uma sequência lógica para fins de cálculos. Inicia-se com a escolha de uma área a ser colhida (Anexo II-c); escolhem-se as máquinas (Anexo II-d, e, f, g, h, i); planejam-se as operações (Anexo II-j) e os custos (Anexo II-k). Até este ponto o programa está carregando valores na sua memória. A seguir estimam-se os custos horários (Anexo II-l) e as produtividade efetivas (Anexo II-m), finalizando com a análise do sistema (Anexo II-n). Uma vez terminada uma simulação, há a possibilidade de se entrar em qualquer parte do programa novamente, alterar valores e continuar na sequência lógica até a análise do sistema. Todas estas telas serão descritas nos itens a seguir. As telas impressas encontram-se no apêndice II.

O programa SCM possui ainda uma calculadora (Anexo II-o), que pode ser acessada de qualquer tela, e, também, um navegador para a rede mundial de computadores “internet” (Anexo II-p), que permite ao usuário do SCM acessar as informações sobre máquinas e equipamentos diretamente nas “home pages” dos fabricantes.

O fluxograma a seguir mostra como uma simulação com o SCM é desenvolvida:

FIGURA 1: FLUXOGRAMA DO SOFTWARE SCM



4.2 ENTRADA DE DADOS NO PROGRAMA

Os dados necessários, para se efetuar uma simulação, referem-se às variáveis da área a ser colhida, das máquinas e implementos que executarão as tarefas planejadas, de como se farão as operações (planejamento operacional) e de como será composto o custo das máquinas (planejamento de custos).

Iniciando-se a entrada de dados, podem-se efetuar as seguintes opções, comuns a todas as telas: selecionar um conjunto de informações já existentes; atualizar as informações; cadastrar um novo conjunto de informações; salvar e excluir um conjunto de informações.

O item “selecionar um conjunto de informações já existentes”, permite que o planejador escolha, para simulação, um conjunto de informações já cadastradas e que representam um cenário. Cada cenário cadastrado possui um nome que o identifica, e que pode ser selecionado para recuperar suas informações que estão guardadas no banco de dados. Após selecionar o nome, basta mandar atualizar as informações e todos os demais valores serão atualizados na tela.

Quando é selecionado o botão “salvar”, todas as informações que estão na tela serão armazenadas na tabela do banco de dados. Já o botão “excluir”, remove todas as informações de um determinado conjunto de informações que estejam guardadas em uma tabela do banco de dados.

4.2.1 VARIÁVEIS RELACIONADAS A ÁREA A SER COLHIDA

A primeira tela de entrada de dados no programa é a das variáveis relacionadas à unidade homogênea de corte ou projeto florestal a ser colhido (Anexo II-c).

As variáveis definidas nesta tela e que possuem interferência direta na produtividade das máquinas de colheita de madeira, foram definidas em vinte e sete, sendo oito referentes às características físicas do terreno e dezenove referentes às características do povoamento.

4.2.1.1 VARIÁVEIS FÍSICAS DO TERRENO

As principais variáveis físicas do terreno abordadas pelo SCM são: pedregosidade; leiras; sub-bosque; capacidade de sustentação do solo; área total plantada; número de talhões existentes na área a ser colhida; declividade e tipo de solo.

Para fins de estimativas de produtividade através de fatores de correção, algumas variáveis têm que ser transformadas em classes, para que se possa atribuir um fator corretivo. Desta maneira, a entrada de dados para estas variáveis no programa é feita, escolhendo-se uma opção no SCM. As principais definições necessárias para estas escolhas, por variável, devem obedecer aos seguintes critérios:

1 - Pedregosidade: corresponde à microtopografia do terreno e caracteriza-se pela presença natural de obstáculos de origem rochosa que interfiram no deslocamento das máquinas, bem como, dificultem as operações de corte, devido a danos que possam ocorrer no conjunto de corte.

- Classe 1: Nenhuma ocorrência natural de obstáculos de origem rochosa.
- Classe 2: Pequena presença de obstáculos de origem rochosa, com leves restrições ao deslocamento de máquinas e leves restrições relacionadas à operação de corte.
- Classe 3: Presença de obstáculos de origem rochosa, com fortes restrições ao deslocamento de máquinas e às operações de corte.

2 - Leiras: caracterizam-se pela presença de obstáculos de origem lenhosa, ordenados sobre o terreno, ocasionados pela limpeza para o plantio do povoamento, e que interfiram no deslocamento das máquinas.

- Classe 1: Nenhuma ocorrência de obstáculos de origem lenhosa.
- Classe 2: Pequena presença de obstáculos de origem lenhosa, com leves restrições ao deslocamento de máquinas
- Classe 3: Presença de obstáculos de origem lenhosa, com fortes restrições ao deslocamento de máquinas.

3 - Sub-bosque: caracteriza-se pela presença de arbustos e árvores indesejáveis sem uso econômico momentâneo, que interferiram no deslocamento das máquinas e na visibilidade dos operadores.

- Classe 1: Nenhuma ocorrência de sub-bosque.
- Classe 2: Pequena presença de sub-bosque, com leves restrições ao deslocamento de máquinas e à visibilidade dos operadores.
- Classe 3: Presença de sub-bosque, com fortes restrições ao deslocamento de máquinas e à visibilidade dos operadores.

4 - Capacidade de sustentação do solo: corresponde à resistência do solo à pressão efetuada pelas máquinas sobre o mesmo e caracteriza-se pelas restrições impostas pelas condições de drenagem do terreno, umidade, tipo e cobertura do solo, que influenciam o deslocamento das máquinas, no momento do ano em que irá se fazer a colheita da madeira da área.

- Classe 1: Solo firme, bem drenado, pouco úmido e com cobertura vegetal, em níveis de nenhuma interferência ao deslocamento das máquinas sobre o terreno no momento da colheita.
- Classe 2: Solo firme, drenagem precária, pouco úmido e com cobertura vegetal, apresentando restrições com tempo chuvoso, com alguma interferência ao deslocamento das máquinas sobre o terreno no momento da colheita.
- Classe 3: Solo pouco firme, drenagem precária, úmido e com cobertura vegetal, apresentando restrições com tempo chuvoso, com média interferência ao deslocamento das máquinas sobre o terreno no momento da colheita.
- Classe 4: Solo úmido, drenagem ruim, sem cobertura vegetal, apresentando fortes restrições com tempo chuvoso, com alta interferência ao deslocamento das máquinas sobre o terreno no momento da colheita.
- Classe 5: Solo sempre úmido, drenagem ruim, sem cobertura vegetal, apresentando fortes restrições com tempo chuvoso, com extrema dificuldade no deslocamento das máquinas sobre o terreno

As variáveis físicas do terreno que não necessitam ser classificadas, mas que devem ser cadastradas numericamente no SCM para cada unidade homogênea de corte, são as seguintes:

5 - Área total plantada: área em hectares referente a unidade homogênea de corte cadastrada.

6 - Número de talhões da área a ser colhida: número de talhões que constam na unidade homogênea de corte.

Devido às variáveis declividade e tipo de solo serem variáveis físicas do terreno, mas que exigem a entrada de valores relacionados a volumes de madeira a serem colhidos, estes constam nos quadros de entrada de variáveis do povoamento, porém estão divididos em classes que podem ser definidos como:

7 - Declividade do terreno: inclinação da superfície do terreno em percentagem nas seguintes classes:

- Classe 1: $\leq 15 \%$
- Classe 2: $15 - 25 \%$
- Classe 3: $25 - 35 \%$
- Classe 4: $\geq 35 \%$

8 - Tipo de solo: genericamente são as três classes de solos mais comuns nas propriedades florestais, a partir das quais se derivam os demais tipos de solo, podendo vir a causar restrições as operações de colheita de madeira. Há ainda a possibilidade de interação entre os três tipos de solo e que serão definidos no planejamento das operações. As classes genéricas são:

- Classe 1: Argilosos
- Classe 2: Arenosos
- Classe 3: Hidromórficos

Cada cruzamento de classe de declividade com classe de solo define uma célula na qual se deve entrar com o volume de madeira que será colhido. Desta maneira, existem 12

células que estão demonstradas no Anexo II-c na tabela “Volume a ser colhido por classe de declividade do projeto em relação ao tipo de solo (m³)”.

4.2.1.2 VARIÁVEIS DO POVOAMENTO

As variáveis da unidade homogênea de corte que o simulador de colheita de madeira necessita para poder estimar a produtividade das máquinas de colheita de madeira são:

- Espécie plantada
- Espaçamento médio atual na linha
- Espaçamento médio atual na entre-linha
- Número atual de árvores por hectare
- Volume a ser colhido por classe de declividade do projeto em relação ao tipo de solo
- Volume individual médio dos fustes
- Peso individual médio das árvores
- Diâmetro médio da base das árvores
- Altura total média das árvores
- Diâmetro da ponta fina dos fustes
- Altura comercial média
- Classe de diâmetro dos galhos até a altura comercial no interior da unidade homogênea de corte
- Classe de diâmetro dos galhos até a altura comercial na bordadura da unidade homogênea de corte
- Percentual médio de fustes bifurcados na base das árvores
- Percentual médio de fustes bifurcados nos tronco das árvores
- Comprimento da copa em relação à altura comercial
- Qualidade dos fustes
- Alinhamento em relação à inclinação lateral (Declividade transversal)

- Tipo de casca

Para a implantação de futuros módulos de restrições para máquinas e implementos no SCM, são de interesse a inclusão das seguintes variáveis:

- Ano de plantio
- Número de árvores por hectare, por classe de diâmetro na base
- Número de árvores por hectare, por classe de altura comercial

Dentre as variáveis supracitadas, algumas são de entrada simples pelo teclado numérico e outras são mediante a escolha de opções previamente fornecidas em uma lista:

1 - Espécie plantada: neste item, deve-se escolher, na lista, o gênero da qual é composta a unidade homogênea de corte. As opções possíveis são: *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp.

2 - Espaçamento médio atual na linha: refere-se à distância média do espaçamento atual na linha de plantio da unidade homogênea de corte. O valor deve ser digitado em metros.

3 - Espaçamento médio atual na entre-linha: refere-se à distância média do espaçamento atual na entre-linha de plantio da unidade homogênea de corte. O valor deve ser digitado em metros.

4 - Número atual de árvores por hectare: refere-se à quantidade atual de árvores existentes, por hectare, na unidade homogênea de corte. O valor deve ser digitado em unidades por hectare.

5 - Volume a ser colhido por classe de declividade do projeto em relação ao tipo de solo: refere-se ao volume de madeira disponível para ser colhido em cada classe de declividade, em relação à classe de tipo de solo da unidade homogênea de corte. O valor deve ser digitado em metros cúbicos para cada célula. No caso de não haver madeira para colher em todas as possibilidades de relações solo e declividade, deve-se inserir o valor zero.

6 - Volume individual médio dos fustes: caracteriza-se pelo volume comercial médio dos fustes da unidade homogênea de corte, de acordo com o diâmetro da ponta fina utilizado. O valor deve ser digitado em metros cúbicos.

7 - Peso individual médio das árvores: caracteriza-se pelo peso total médio das árvores, incluindo fuste, galhos e folhas ou acículas, da unidade homogênea de corte. O valor deve ser digitado em toneladas.

8 - Diâmetro médio da base das árvores: refere-se ao diâmetro médio da base das árvores da unidade homogênea de corte. O valor deve ser digitado em centímetros.

9 - Altura total média das árvores: caracteriza-se pela altura total média das árvores da unidade homogênea de corte. O valor deve ser digitado em metros.

10 - Diâmetro da ponta fina dos fustes: refere-se ao diâmetro médio da ponta fina dos fustes, definido pelo o planejador. O valor deve ser digitado em centímetros.

11 - Altura comercial média: refere-se à altura média dos fustes, após o destopo no diâmetro planejado para a ponta fina. O valor deve ser digitado em metros.

12 - Classe de diâmetro dos galhos até a altura comercial no interior do povoamento: refere-se ao diâmetro médio dos galhos das árvores, existentes no interior da unidade homogênea de corte, até a altura comercial do fuste. O valor deve ser escolhido em uma lista com 4 classes:

- Classe 1: 1 – 3 cm
- Classe 2: 3,1 – 6 cm
- Classe 3: 6,1 – 9 cm
- Classe 4: > 9 cm

13 - Classe de diâmetro dos galhos até a altura comercial na bordadura do povoamento: refere-se ao diâmetro médio dos galhos das árvores, existentes na bordadura da unidade homogênea de corte, até a altura comercial do fuste. O valor deve ser escolhido em uma lista com 4 classes:

- Classe 1: 1 – 3 cm
- Classe 2: 3,1 – 6 cm
- Classe 3: 6,1 – 9 cm

- Classe 4: > 9 cm

14 - Percentual médio de fustes bifurcados na base das árvores: refere-se ao percentual médio de fustes bifurcados na base das árvores existentes na unidade homogênea de corte. O valor deve ser escolhido em uma lista com 20 classes que variam de 0 a 100 % em classes de 5 em 5 %.

15 - Percentual médio de fustes bifurcados nos tronco das árvores: refere-se ao percentual médio de fustes bifurcados no tronco existentes na unidade homogênea de corte. O valor deve ser escolhido em uma lista com 20 classes que variam de 0 a 100 % em classes de 5 em 5 %.

16 - Comprimento da copa em relação à altura comercial: refere-se ao comprimento médio da copa até a altura comercial das árvores existentes na unidade homogênea de corte. O valor deve ser escolhido em uma lista com 4 classes:

- Classe 1: < 3 m
- Classe 2: 3,1 – 6 m
- Classe 3: 6,1 – 9 m
- Classe 4: > 9 m

17 - Qualidade dos fustes: refere-se à qualidade média dos fustes da unidade homogênea de corte em relação a sua tortuosidade. O valor deve ser escolhido em uma lista com 3 classes:

- Classe 1: Retos – menos que 20 % dos fustes são tortos
- Classe 2: Tortos – de 20 a 50% dos fustes são tortos
- Classe 3: Muito tortos – mais que 50 % dos fustes são tortos

18 - Declividade Transversal (Alinhamento X Inclinação lateral): refere-se à declividade transversal média do caminho a ser trafegado pelas máquinas destinadas à colheita. O valor deve ser escolhido em uma lista com 17 classes que variam de 0 a 90% em classes de 5 em 5, sendo a primeira de 0 – 5%:

19 - Tipo de casca: refere-se ao tipo de casca das árvores de eucaliptos existentes na unidade homogênea de corte. Esta opção não está disponível para pinus devido a tecnologia disponível atualmente para o descascamento com cabeçotes, funcionar

somente com o eucalipto. Desta maneira, o tipo de casca deve ser escolhido em uma lista com 3 opções: Lisa, Áspera e Fissurada.

- Lisa: Ex: *Eucalyptus dunnii*
- Áspera: Ex: *Eucalyptus grandis*,
- Fissurada: Ex: *Eucalyptus viminalis*

20 - Ano de plantio: refere-se ao ano de implantação da unidade homogênea de corte.

21 - Número de árvores por hectare por classe de diâmetro na base: refere-se ao número de árvores existentes na unidade homogênea de corte, por classe de diâmetro da base. A quantidade de árvores deve ser digitada nas respectivas 14 classes existentes e caso não haja valores para uma ou mais classes estas devem ser zeradas. As classes são as seguintes:

- < 10 cm
- 10,1 a 70 de 5 em 5 cm
- > 70,1 cm

22 - Número de árvores por hectare por classe de altura comercial: refere-se ao número de árvores existentes na unidade homogênea de corte, por classe de altura comercial até o diâmetro da ponta fina. A quantidade de árvores deve ser digitada nas 7 classes existentes e no caso de não haver valores, estas devem ser zeradas. As classes são as seguintes:

- < 10 m
- 10,1 a 35 de 5 em 5 m
- > 35,1 m

4.2.1 TIPOS BÁSICOS, CLASSES E CATEGORIAS DEFINIDAS PARA MÁQUINAS BASES E IMPLEMENTOS DE OPERAÇÃO EM FUNÇÃO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DE MADEIRA

As máquinas escolhidas para o desenvolvimento deste programa são as mais representativas dos sistemas de colheita de madeira vigentes nas maiores empresas florestais brasileiras no momento.

Algumas máquinas, que constituem sistemas que estão em desuso ou são utilizadas em pequena escala, por empresas de pequeno porte, não foram consideradas, porém, eventualmente, podem ser cadastradas e desenvolvidas rotinas específicas para suas simulações.

A divisão das máquinas em função dos tipos básicos, classes e categorias, funciona como um filtro para o banco de dados, no qual para cada máquina cadastrada há a possibilidade de se saber quais as operações que ela pode realizar, quais as variáveis que estarão associadas a sua produtividade e quais os fatores de correção que estarão sendo utilizados.

A partir de dez tipos básicos de máquinas utilizadas na colheita de madeira, disponíveis no mercado brasileiro, foram definidas dezessete classes de máquinas-base capazes de realizar as cinco operações de colheita de madeira, sendo cinco classes para a operação de corte, três para a extração, quatro para o desganhamento, quatro para o sortimento e uma para o cavaqueamento.

A TABELA 01 demonstra os dez tipos de máquinas base capazes de realizar as cinco principais operações de colheita de madeira que são: *harvester*, *forwarder*, trator de esteiras, motosserra, trator agrícola, *skidder*, *feller* de pneu, triciclo, carregador florestal e cavaqueador. As principais descrições e aplicações de cada uma resultam em dezessete opções diferentes de classes de máquinas base descritos a seguir:

TABELA 01: CONSTITUIÇÃO DAS PRINCIPAIS CLASSES DE MÁQUINAS BASE EM FUNÇÃO DOS TIPOS BÁSICOS DE MÁQUINAS DISPONÍVEIS NO MERCADO E DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DE MADEIRA.

Tipos básicos de máquinas	Operações de colheita de madeira				
	Corte	Extração	Desgalhamento	Sortimento	Cavaqueamento
<i>Harvester</i>	X		X	X	
<i>Forwarder</i>		X			
Trator de esteiras	X		X	X	
Motosserra	X		X	X	
Trator agrícola		X			
<i>Skidder</i>		X			
<i>Feller</i> de Pneu	X				
Triciclo	X				
Carregador florestal			X	X	
Cavaqueador					X

- *Harvester*: trator de pneus, com tração em quatro ou seis rodas, com estrutura desenvolvida para o acoplamento de uma grua e um cabeçote para efetuar as operações de corte, desgalhamento e sortimento e eventualmente o descascamento.
- *Forwarder*: trator de pneus, com tração em quatro, seis ou oito rodas, com estrutura desenvolvida para a operação de extração de toras do interior do povoamento até os estaleiros.
- Trator de esteiras: tratores que se locomovem por meio de esteiras, com opções de cabinas nivelantes com estruturas capazes de acoplar implementos como: cabeçotes de *feller* de disco, sabre, tesoura ou do tipo “*slingshot*”, garras traçadoras e cabeçotes de “harvesters” e desgalhadores mecânicos do tipo “*stroke delimber*”, podendo efetuar as operações de corte, desgalhamento e sortimento.
- Motosserra: máquinas utilizadas para as operações de corte, desgalhamento e sortimento, que exigem contato direto do homem com as árvores, fustes ou toras.

- Trator agrícola: trator de pneu com tração em duas ou quatro rodas, com articulação nas rodas, utilizados para a operação de extração, com estrutura para o acoplamento de garras para o arraste, guinchos ou carretas e gruas para baldeio. Pode haver também opções de utilização de tratores agrícolas para operações de remontes de pilhas nos estaleiros e carregamento de caminhões.
- Skidder: trator de pneus com tração nas quatro rodas e chassi articulado, utilizado para a operação de extração, com estrutura para o acoplamento de garras e guinchos, podendo, eventualmente, efetuar a operação de desgalhamento por meio de grades desgalhadoras.
- Feller de pneu: trator de pneus com tração nas quatro rodas e chassi articulado, utilizado para a operação de corte, com estrutura para o acoplamento de cabeçotes de *feller* de disco ou tesoura.
- Triciclo: trator de pneus com tração em duas rodas, sendo a terceira para o apoio da máquina, utilizado para a operação de corte e com estrutura para o acoplamento de cabeçotes de *feller* de disco, de sabre e de tesoura.
- Carregador florestal: tratores autopropelidos com esteiras ou fixos em longarinas de caminhões, com estrutura para a utilização de desgalhadores mecânicos do tipo *delimber* e ou traçadores mecânicos do tipo *slasher* utilizados para as operações de desgalhamento e sortimento, podendo também efetuar a operação de carregamento de caminhões.
- Cavaqueador: tratores fixos ou autopropelidos com estruturas desenvolvidas para o desgalhamento, descascamento e picagem das árvores ou fustes.

Uma vez definidas as classes das máquinas, foram especificados em função dos tipos básicos as categorias dentro de cada classe. Os principais tipos básicos de máquinas- base foram categorizadas em função do tipo de tração, peso da máquina sem o implemento de operação, potência do motor, tipo de cabina, forma de deslocamento e capacidade de carga, conforme a TABELA 02.

TABELA 02: RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS BÁSICOS DE MÁQUINAS EM FUNÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA CATEGORIZAÇÃO DAS MÁQUINAS-BASE.

Tipos básicos de máquinas	Parâmetros para categorização das máquinas-bases					
	Tração	Potência	Capacidade de carga	Cabina	Peso	Locomoção
<i>Harvester</i>	X	X				
<i>Forwarder</i>	X	X	X			
Trator de esteiras	X	X		X	X	
Motosserra		X			X	
Trator agrícola	X	X				
<i>Skidder</i>		X				
<i>Feller</i> de Pneu		X				
Triciclo		X				
Carregador florestal			X			X
Cavaqueador		X				X

Esta tabela (TABELA 02) demonstra os principais parâmetros que foram utilizados para a categorização dos tipos básicos de máquinas. As máquinas base do tipo *harvester* foram classificadas conforme seus tipos de tração e potências do motor; os *forwarders* conforme o tipo de tração, potência do motor e capacidade de carga; os tratores de esteira de acordo com o tipo de tração, potência do motor, tipo de nivelamento e giro da cabina e peso da máquina base; as motosserras foram relacionadas conforme a potência e peso; os tratores agrícolas conforme o tipo de tração e potência do motor; os *skidders*, *fellers* de pneu e triciclos somente em relação as potências do motor; os carregadores florestais em relação à capacidade de carga e ao tipo de locomoção e os cavaqueadores em relação a potência do motor e ao tipo de locomoção.

Com relação à operação de descascamento, a maioria das grandes empresas florestais brasileiras utilizam descascadores fixos nos pátios das fábricas, aproveitando o resíduo da casca para geração de energia. Assim sendo, somente foi considerada esta opção no caso de eucaliptos, com a utilização de cabeçotes de *harvester*, os quais podem efetuar

esta operação sem a necessidade da inclusão de uma nova máquina. Porém, há a possibilidade do desenvolvimento de uma rotina específica para a inclusão desta operação com descascadores móveis, utilizados diretamente no povoamento.

De posse dos parâmetros de categorização para cada tipo de máquina-base, relacionaram-se as principais máquinas disponíveis no mercado, aproximadamente sessenta e nove, as quais foram divididas em quarenta e três categorias. O número de categorias não é constante para cada tipo de máquina-base, pois, as mesmas foram criadas a partir de uma metodologia que as distinguisse.

As TABELAS 03 a 12, demonstram as categorias criadas por tipo básico de máquina e sequencialmente a descrição de cada uma.

TABELA 03: CATEGORIAS DE *HARVESTER* DE PNEU PARA AS OPERAÇÕES DE CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DA TRAÇÃO E POTÊNCIA DE MOTOR.

Categorias	Tração	Potência do motor (hp)
1	4 X 4	< 130
2	4 X 4	130 - 180
3	4 X 4	> 180
4	6 X 6	< 130
5	6 X 6	130 - 180
6	6 X 6	> 180

Na TABELA 03, foram relacionadas seis categorias de *harvesters* de pneu em função do tipo de tração e da potência do motor. A categoria um refere-se às máquinas que possuem tração do tipo 4 X 4 e potência do motor menor que 130 hp; a categoria dois refere-se às máquinas que possuem tração do tipo 4 X 4 e potência do motor menor entre 130 e 180 hp; a categoria três refere-se às máquinas que possuem tração do tipo 4 X 4 e potência do motor maior que 180 hp; a categoria quatro refere-se às máquinas que possuem tração do tipo 6 X 6 e potência do motor menor que 130 hp; a categoria cinco refere-se às

máquinas que possuem tração do tipo 6 X 6 e potência do motor menor, entre 130 e 180 hp; e a categoria seis refere-se às máquinas que possuem tração do tipo 6 X 6 e potência do motor maior que 180 hp.

TABELA 04: CATEGORIAS DE TRATOR DE ESTEIRA PARA AS OPERAÇÕES DE CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO TIPO E GIRO DA CABINA, POTÊNCIA DE MOTOR E PESO DA MÁQUINA-BASE.

Categorias	Tipo e giro da cabina	Potência ou Peso
1	Não nivelante, com excesso lateral	≤ 110 hp
2	Não nivelante, com excesso lateral	> 110 hp
3	Não nivelante, sem excesso lateral	≤ 21 ton
4	Não nivelante, sem excesso lateral	> 21 ton
5	Nivelante, sem excesso lateral	≤ 27 ton
6	Nivelante, sem excesso lateral	> 27 ton

São seis as principais categorias em que podem ser divididos os tratores de esteira em função do tipo e giro da cabina e potência ou peso da máquina-base, conforme a TABELA 04, sendo a categoria um referente às máquinas que possuem cabina não nivelante, com excesso lateral no giro e potência do motor menor ou igual a 110 hp; a categoria dois referente às máquinas que possuem cabina não nivelante, com excesso lateral no giro e potência do motor maior que 110 hp; a categoria três referente às máquinas que possuem cabina não nivelante, sem excesso lateral no giro e peso da máquina base menor ou igual a 21 ton; a categoria quatro referente às máquinas que possuem cabina não nivelante, sem excesso lateral no giro e peso da máquina base maior que 21 ton; a categoria cinco referente às máquinas que possuem cabina nivelante, sem excesso lateral no giro e peso da máquina base menor ou igual a 27 ton e a categoria seis referente às máquinas que possuem cabina nivelante, sem excesso lateral no giro e peso da máquina base maior que 27 ton.

TABELA 05: CATEGORIAS DE TRATOR AGRÍCOLA PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DO TIPO DE TRAÇÃO E POTÊNCIA DO MOTOR.

Categorias	Tração	Potência (hp)
1	4 X 2	≤ 120
2	4 X 2	> 120
3	4 X 4	≤ 120
4	4 X 4	> 120

TABELA 06: CATEGORIAS DE *FORWARDER* PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DA TRAÇÃO, POTÊNCIA DO MOTOR E CAPACIDADE DE CARGA.

Categorias	Tração	Potência (hp)	Capacidade de carga (ton)
1	4 X 4	< 130	≤ 10
2	4 X 4	> 130	> 10
3	6 X 6	< 130	≤ 10
4	6 X 6	< 130	10,1 – 12
5	6 X 6	130 – 180	10,1 – 12
6	6 X 6	130 – 180	12,1 – 14
7	6 X 6	130 – 180	14,1 – 16
8	6 X 6	≥ 180	16,1 – 18
9	6 X 6	≥ 180	≥ 18
10	8 X 8	< 130	≤ 10
11	8 X 8	130 – 180	≤ 10
12	8 X 8	130 – 180	10,1 – 12
13	8 X 8	130 – 180	12,1 – 14
14	8 X 8	130 – 180	16,1 – 18
15	8 X 8	≥ 180	16,1 – 18

Na TABELA 05, as categorias em que se dividiram os tratores agrícolas, em função do tipo de tração e potência do motor, foram quatro, sendo a categoria um referente às máquinas com tração do tipo 4 X 2 e potência do motor menor ou igual a 120 hp; a

categoria dois referente às máquinas com tração do tipo 4 X 2 e potência do motor maior que 120 hp; a categoria três referente às máquinas com tração do tipo 4 X 4 e potência do motor menor ou igual a 120 hp; e a categoria quatro referente às máquinas com tração do tipo 4 X 4 e potência do motor maior que 120 hp.

Já às máquinas-base do tipo *forwarder* foram divididas em quinze categorias em função do tipo de tração, potência do motor e capacidade de carga, conforme a TABELA 06, sendo a categoria um referente às máquinas com tração do tipo 4 X 4, potência do motor menor que 130 hp e capacidade de carga menor ou igual a 10 ton; a categoria dois referente às máquinas com tração do tipo 4 X 4, potência do motor maior que 130 hp e capacidade de carga maior que 10 ton; a categoria três referente às máquinas com tração do tipo 6 X 6, potência do motor menor que 130 hp e capacidade de carga menor ou igual a 10 ton; a categoria quatro referente às máquinas com tração do tipo 6 X 6, potência do motor menor que 130 hp e capacidade de carga entre 10,1 e 12 ton; a categoria cinco referente às máquinas com tração do tipo 6 X 6, potência do motor entre 130 e 180 hp e capacidade de carga entre 10,1 e 12 ton; a categoria seis referente às máquinas com tração do tipo 6 X 6, potência do motor entre 130 e 180 hp e capacidade de carga entre 12,1 e 14 ton; a categoria sete referente às máquinas com tração do tipo 6 X 6, potência do motor entre 130 e 180 hp e capacidade de carga entre 14,1 e 16 ton; a categoria oito referente às máquinas com tração do tipo 6 X 6, potência do motor maior que 180 hp e capacidade de carga entre 16,1 e 18 ton; a categoria nove referente às máquinas com tração do tipo 6 X 6, potência do motor maior que 180 hp e capacidade de carga maior ou igual a 18 ton; a categoria dez referente às máquinas com tração do tipo 8 X 8, potência do motor menor que 130 hp e capacidade de carga menor ou igual a 10 ton; a categoria onze referente às máquinas com tração do tipo 8 X 8, potência do motor entre 130 e 180 hp e capacidade de carga menor ou igual a 10 ton; a categoria doze referente às máquinas com tração do tipo 8 X 8, potência do motor entre 130 e 180 hp e capacidade de carga entre 10,1 e 12 ton; a categoria treze referente às máquinas com tração do tipo 8 X 8, potência do motor entre 130 e 180 hp e capacidade de carga entre 12,1 e 14 ton; a categoria quatorze referente às máquinas com tração do tipo 8 X 8, potência do motor entre 130 e 180 hp e capacidade de carga entre 16,1 e 18 ton; e a

categoria quinze referente às máquinas com tração do tipo 8 X 8, potência do motor maior que 180 hp e capacidade de carga entre 16,1 e 18 ton.

TABELA 07: CATEGORIAS DE MOTOSSERRA PARA AS OPERAÇÕES DE CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA DO MOTOR E PESO.

Categorias	Peso (kg)	Potência (hp)
1	5 – 6	3,3 – 4,7
2	> 6	> 4,7

A TABELA 07 demonstra as categorias em que se dividiu as motosserras, em função dos peso da máquina e potência do motor, foram duas, sendo a categoria um referente às motosserras com peso entre 5 e 6 quilos e potência do motor entre 3,3 e 4,7 hp e a categoria dois referente às motosserras com peso maior que 6 quilos e potência do motor maior que 4,7 hp.

TABELA 08: CATEGORIAS DE *SKIDDER* PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA DO MOTOR.

Categorias	Potência (hp)
1	< 160
2	≥ 160
3	> 200 “ <i>Clanbunck</i> ”

Na TABELA 08, as máquinas bases do tipo *skidder* foram divididas em três categorias em função da potência do motor, sendo a categoria um referentes às máquinas com potência do motor menor que 160 hp; a categoria dois referentes às máquinas com potência do motor maior ou igual a 160 hp; e a categoria três referentes a “*clanbunck skidders*” com potências maiores que 200 hp.

TABELA 09: CATEGORIAS DE *FELLER* DE PNEU PARA CORTE, EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA DO MOTOR.

Categorias	Potência (hp)
1	< 160
2	≥ 160

As duas categorias criadas para a máquina base tipo *feller* de pneu levaram em consideração o parâmetro potência do motor, conforme a TABELA 09, sendo a categoria um referentes às máquinas com potência menor que 160 hp; e a categoria dois referentes às máquinas com categorias maiores ou iguais a 160 hp.

TABELA 10: CATEGORIAS DE TRICICLO PARA CORTE, EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA DO MOTOR.

Categorias	Potência (hp)
1	< 100
2	≥ 100

Na TABELA 10, as máquinas bases do tipo triciclo foram divididas em duas categorias em função da potência do motor, sendo a categoria um referente às máquinas com potência menor que 100 hp; e a categoria dois referente às máquinas com potência maior ou igual a 100 hp.

TABELA 11: CATEGORIAS DE CARREGADOR FLORESTAL COM UTILIZAÇÃO PARA DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO TIPO DE LOCOMOÇÃO E CAPACIDADE DE CARGA A 4,6 m DO CENTRO DA MÁQUINA E A 1,5 m DE ALTURA DO CHÃO.

Categorias	Locomoção	Capacidade de carga (ton)
1	Autopropelido	7 – 8
2	Fixo	7 – 8,2
3	Fixo	8,3 – 9
4	Fixo	≥ 9

As máquinas-bases, do tipo carregador florestal, foram divididas em quatro categorias em função do tipo de locomoção da máquina-base e da capacidade de carga, conforme a TABELA 11, sendo a categoria um referente às máquinas autopropelidas e com capacidade de carga entre 7 e 8 ton, a 4,6 metros do centro da máquina e a 1,5 metros de altura do chão; a categoria dois referente às máquinas fixas e com capacidade de carga entre 7 e 8,2 ton, a 4,6 metros do centro da máquina e a 1,5 metros de altura do chão; a categoria três referente às máquinas fixas e com capacidade de carga entre 8,3 e 9 ton, a 4,6 metros do centro da máquina e a 1,5 metros de altura do chão; e a categoria quatro referente às máquinas fixas e com capacidade de carga maior que 9 ton, a 4,6 metros do centro da máquina e a 1,5 metros de altura do chão.

TABELA 12: CATEGORIAS DE CAVAQUEADORES EM FUNÇÃO DO TIPO DE LOCOMOÇÃO E POTÊNCIA DO MOTOR OU PESO DA MÁQUINA-BASE.

Categorias	Locomoção	Potência do motor (hp) ou peso (ton)
1	Fixo	< 700 hp
2	Fixo	> 700 hp
3	Autopropelido	15 – 17 ton

Na TABELA 12, as categorias em que se dividiram os cavaqueadores, em função dos parâmetros tipo de locomoção e potência do motor ou peso da máquina-base, foram três, sendo a categoria um referente às máquinas fixas, com potência do motor menor que 700 hp; a categoria dois referente às máquinas fixas com potência do motor maior que 700 hp; e a categoria três referente às máquinas autopropelidas, com peso entre 15 e 17 ton.

Os tipos básicos de implementos de operação disponíveis no mercado, também foram categorizados, para que sejam combinados com as categorias de máquinas-base. Os principais parâmetros utilizados para este fim, foram: o peso do implemento, o diâmetro máximo de corte, a função de operação do implemento, o tipo de arco, o comprimento do implemento, a área útil do implemento e a localização do implemento em relação à máquina-base, conforme a TABELA 13.

TABELA 13: RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS BÁSICOS DE IMPLEMENTOS DE OPERAÇÃO, EM FUNÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA CATEGORIZAÇÃO DOS IMPLEMENTOS.

Tipos básicos de implementos de operação	Parâmetros para categorização dos implementos de operação							
	Peso	Potência ou Vel.	Ø Máx.	Área	Função	Comprimento	Localização	Tipo Arco
Cabeçote tipo <i>harvester</i>	X	X	X					
Garra traçadora <i>Slasher</i>			X	X	X			
<i>Stroke delimeter</i>	X	X				X		
<i>Delimeter</i>							X	
Cabeçote tipo <i>Slingshot</i>	X		X					
Cabeçote de <i>Feller</i> de sabre	X		X					
Cabeçote de <i>Feller</i> de disco	X		X					
Cabeçote de <i>Feller</i> de tesoura	X		X					
Garra para extração					X	X		X
Gruas e Garras				X		X		

Esta TABELA 12, demonstra os principais parâmetros que foram utilizados para a categorização dos tipos básicos de implementos de operação. Os implementos de operação, do tipo cabeçote de *harvester*, foram categorizados conforme seus pesos, potências e diâmetro máximo de corte; as garras traçadoras foram categorizadas conforme sua função principal (feixe ou fuste), a área útil e o diâmetro máximo; os traçadores mecânicos, tipo *slasher*, foram categorizados de acordo com o comprimento do sabre; os desgalhadores mecânicos, tipo *stroke delimeter*, foram categorizados conforme a velocidade, comprimento do braço e peso; os desgalhadores mecânicos, tipo *delimeter*, foram categorizados conforme o diâmetro máximo de destopo e a localização do implemento; os cabeçotes, tipo *slingshot*,

feller de disco, de sabre ou de tesoura, foram categorizados conforme o diâmetro máximo de corte e o peso; as garras para extração foram categorizadas conforme sua função (classificação ou feixe), comprimento / abertura e tipo de arco (simples, duplo ou braço giratório); e as gruas e garras foram categorizadas de acordo com a área útil e, o comprimento da grua.

De posse dos parâmetros de categorização para cada tipo de implemento de operação, relacionaram-se os principais implementos disponíveis no mercado, aproximadamente noventa e um, os quais foram divididos em cinquenta e oito categorias. O número de categorias também não é constante para cada tipo de implemento, pois, as mesmas foram criadas, a partir de uma metodologia que as distinguíssem bem.

As TABELAS 14 a 23, demonstram as categorias criadas por tipo de implemento de operação.

TABELA 14: CATEGORIAS DE CABEÇOTES DE HARVESTER PARA CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE CORTE, POTÊNCIA NO ROLO E PESO.

Categorias	\emptyset Máx. de corte (cm)	Potência no rolo (kN)	Peso (kg)
1	< 55	< 20	< 960
2	55 – 65	20 – 26	960 – 1500
3	> 65	> 26	> 1500

Na TABELA 14, os implementos de operação, do tipo cabeçotes de *harvester*, foram divididos em três categorias em função do diâmetro máximo de corte, da potência no rolo e do peso do implemento, sendo a categoria um referente a cabeçotes de *harvester* com capacidade de corte inferior a 55 cm, potência no rolo inferior a 20 kN e peso inferior a 960 kg; a categoria dois referente a cabeçotes de *harvester* com capacidade de corte entre 55 e 65 cm, potência no rolo entre 20 e 26 kN e peso entre 960 e 1500 kg; e, a categoria três referente a cabeçotes de *harvester* com capacidade de corte maior que 65 cm, potência no rolo maior que 26 kN e peso superior a 1500 kg.

TABELA 15: CATEGORIAS DE CABEÇOTES DE *FELLER* DE SABRE PARA CORTE, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE CORTE E PESO.

Categorias	\emptyset Máx. de corte (cm)	Peso (kg)
1	< 60	< 1500
2	\geq 60	\geq 1500

Os implementos de operação, do tipo cabeçotes de *feller* de sabre, foram divididos em duas categorias, conforme a TABELA 15, em função do diâmetro máximo de corte e do peso do implemento, sendo a categoria um referente a cabeçotes com diâmetro máximo de corte de até 60 cm e peso inferior a 1500 kg e categoria dois referente a cabeçotes com diâmetro máximo de corte maior ou igual a 60 cm e peso superior a 1500 kg.

TABELA 16: CATEGORIAS DE CABEÇOTE DE *FELLER* TIPO *SLINGSHOT* PARA CORTE, DESGALHAMENTO E SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE CORTE E PESO.

Categorias	\emptyset Máx. de corte (cm)	Peso (kg)
1	< 50	< 2500
2	\geq 50	\geq 2500

Na TABELA 16, os implementos de operação, cabeçotes de *feller* do tipo *slingshot*, foram divididos em duas categorias em função do diâmetro máximo de corte e do peso do implemento, sendo a categoria um referente a cabeçotes com diâmetro máximo de corte de até 50 cm e peso inferior a 2500 kg e categoria dois referente a cabeçotes com diâmetro máximo de corte maior ou igual a 50 cm e peso maior ou igual a 2500 kg.

Os implementos de operação, do tipo cabeçotes de *feller* de disco, foram divididos em duas categorias em função do diâmetro máximo de corte e do peso do implemento, conforme a TABELA 17, sendo a categoria um referente a cabeçotes com diâmetro máximo de corte de até 53 cm e peso inferior a 2500 kg e a categoria dois referente a

cabeçotes com diâmetro máximo de corte maior ou igual a 53 cm e peso maior ou igual a 2500 kg.

TABELA 17: CATEGORIAS DE CABEÇOTE DE *FELLER BUNCHER* DE DISCO PARA CORTE, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE CORTE E PESO.

Categorias	\emptyset Máx. de corte (cm)	Peso (kg)
1	< 53	< 2500
2	\geq 53	\geq 2500

TABELA 18: CATEGORIAS DE CABEÇOTE DE *FELLER BUNCHER* DE TESOURA PARA CORTE, EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE CORTE E PESO.

Categorias	\emptyset Máx. de corte (cm)	Peso (kg)
1	< 48	< 1400
2	\geq 48	\geq 1400

Na TABELA 18, os implementos de operação, do tipo cabeçotes de *feller* de tesoura, foram divididos em duas categorias em função do diâmetro máximo de corte e do peso do implemento, sendo a categoria um referente a cabeçotes com diâmetro máximo de corte de até 48 cm e peso inferior a 1400 kg e a categoria dois referente a cabeçotes com diâmetro máximo de corte maior ou igual a 48 cm e peso maior ou igual a 1400 kg.

TABELA 19: CATEGORIAS DE TRAÇADORES MECÂNICOS *SLASHERS* PARA SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DO SABRE.

Categoria	Comprimento do sabre (cm)
1	< 140
2	\geq 140

Os traçadores mecânicos, do tipo *slasher*, foram divididos em duas categorias em função do comprimento do sabre, conforme a TABELA 19, sendo a categoria um referente a *slashers* de comprimento de sabre inferior a 140 cm e a categoria dois referente a *slashers* de comprimento de sabre igual ou superior 140 cm.

TABELA 20: CATEGORIAS DE DESGALHADORES MECÂNICOS *STROKE DELIMBERS* PARA DESGALHAMENTO, EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DO BRAÇO, VELOCIDADE E PESO.

Categoria	Comprimento do braço (m)	Velocidade (m/min)	Peso (ton)
1	< 10	≥ 300	< 6
2	≥ 10	< 300	≥ 6

TABELA 21: CATEGORIAS DE GARRAS PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DO TIPO DE ARCO, FUNÇÃO DA GARRA E ABERTURA DA GARRA.

Categorias	Tipo de arco	Função	Abertura (cm)
1	Simples	Classificação	< 210
2	Simples	Classificação	210 – 250
3	Simples	Classificação	> 250
4	Simples	Feixe	< 260
5	Simples	Feixe	260 – 290
6	Simples	Feixe	> 290
7	Duplo	Classificação	< 260
8	Duplo	Classificação	≥ 260
9	Duplo	Feixe	< 270
10	Duplo	Feixe	270 – 300
11	Duplo	Feixe	> 300
12	Braço giratório	Classificação e Feixe	< 260

Na TABELA 20, os desganhadores mecânicos, do tipo *stroke delimeter*, foram divididos em duas categorias em função do comprimento do braço, velocidade de desganche e

peso, sendo a categoria um referente a *stroke delimbers* com comprimento de braço menor que 10 m, velocidade maior ou igual a 300 m/min e peso menor que 6 ton; e a categoria dois referente a *stroke delimbers* com comprimento de braço maior ou igual a 10 m, velocidade menor que 300 m/min e peso maior ou igual a 6 ton.

As garras para extração, possíveis de utilização em *skidders*, foram divididas em doze categorias em função do tipo de arco, função da garra e abertura da garra, conforme a TABELA 21, sendo a categoria um referente a garras de arco simples para classificação com abertura menor que 210 cm; a categoria dois referente a garras de arco simples para classificação com abertura entre 210 e 250 cm; a categoria três referente a garras de arco simples para classificação com abertura maior que 250 cm; a categoria quatro referente a garras de arco simples para feixe com abertura menor que 260 cm; a categoria cinco referente a garras de arco simples para feixe com abertura entre 260 e 290 cm; a categoria seis referente a garras de arco simples para feixe com abertura menor que 290 cm; a categoria sete referente a garras de arco duplo para classificação com abertura menor que 260 cm; a categoria oito referente a garras de arco duplo para classificação com abertura maior ou igual a 260 cm; a categoria nove referente a garras de arco duplo para feixe com abertura menor que 270 cm; a categoria dez referente a garras de arco duplo para feixe com abertura entre 270 e 300 cm; a categoria onze referente a garras de arco duplo para feixe com abertura maior que 270 cm; a categoria doze referente a garras de braço giratório para classificação e feixe com abertura menor que 260 cm.

TABELA 22: CATEGORIAS DE DESGALHADORES MECÂNICOS *DELIBBERS* PARA DESGALHAMENTO, EM FUNÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DO IMPLEMENTO E DIÂMETRO (\emptyset) MÁXIMO DE DESTOPO.

Categoria	Localização do implemento
1	Fixo na longarina do caminhão
2	Móvel

Na TABELA 22, os desgalhadores mecânicos, do tipo *delimber*, foram divididos em duas categorias em função da localização do implemento, sendo a categoria um referente a *delimbers* fixos na longarina do caminhão e a categoria dois referente a *delimbers* móveis.

TABELA 23: CATEGORIAS DE GARRAS TRAÇADORAS PARA SORTIMENTO, EM FUNÇÃO DO TIPO DE UTILIZAÇÃO, DIÂMETRO (Ø) MÁXIMO DE CORTE OU ÁREA ÚTIL DA GARRA.

Categorias	Utilização	Ø Máx. de corte (cm) ou área útil (m ²)
1	Feixes	< 0,30
2	Feixes	0,30 – 0,40
3	Feixes	0,41 – 0,50
4	Feixes	> 0,50
5	Fustes	< 70
6	Fustes	≥ 70

Na TABELA 23, as garras traçadoras foram divididas em seis categorias conforme a sua utilização e o diâmetro máximo de corte ou área útil da garra, sendo a categoria um referente a garras traçadoras para feixes com área útil inferior a 0,30 m²; a categoria dois referente a garras traçadoras para feixes com área útil de 0,31 até 0,40 m²; a categoria três referente a garras traçadoras para feixes com área útil de 0,41 até 0,50 m²; a categoria quatro referente a garras traçadoras para feixes com área útil maior que 0,50 m²; a categoria cinco referente a garras traçadoras para fustes com diâmetros menores que 70 cm; e a categoria seis referente a garras traçadoras para fustes com diâmetros maior ou igual a 70 cm.

Na TABELA 24, as vinte e cinco categorias de guas e garras para extração formam criadas a partir dos parâmetros, comprimento da grua e área da garra, sendo as categorias de um a cinco, para garras de 0,25 a 0,29 m² e, comprimento da grua, variando de um em um metro, entre 6 e 11 m; as categorias de seis a dez, para garras de 0,30 a 0,34 m², e, comprimento da grua, variando de um em um metro, entre 6 e 11 m; as categorias de onze a

quinze, para garras de 0,35 a 0,39 m², e, comprimento da grua, variando de um em um metro, entre 6 e 11 m; as categorias de dezesseis a vinte, para garras de 0,40 a 0,44 m², e, comprimento da grua, variando de um em um metro, entre 6 e 11 m; e as categorias de vinte e um a vinte e cinco, para garras maiores que 0,45 m², e, comprimento da grua, variando de um em um metro, entre 6 e 11 m.

TABELA 24: CATEGORIAS DE GRUAS E GARRAS PARA EXTRAÇÃO, EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DA GRUA E ÁREA DA GARRA.

Categorias	Comprimento da grua (m)	Área da garra (m ²)
1	6 – 7	0,25 – 0,29
2	7,1 – 8	0,25 – 0,29
3	8,1 – 9	0,25 – 0,29
4	9,1 – 10	0,25 – 0,29
5	10,1 – 11	0,25 – 0,29
6	6 – 7	0,30 – 0,34
7	7,1 – 8	0,30 – 0,34
8	8,1 – 9	0,30 – 0,34
9	9,1 – 10	0,30 – 0,34
10	10,1 – 11	0,30 – 0,34
11	6 – 7	0,35 – 0,39
12	7,1 – 8	0,35 – 0,39
13	8,1 – 9	0,35 – 0,39
14	9,1 – 10	0,35 – 0,39
15	10,1 – 11	0,35 – 0,39
16	6 – 7	0,40 – 0,44
17	7,1 – 8	0,40 – 0,44
18	8,1 – 9	0,40 – 0,44
19	9,1 – 10	0,40 – 0,44
20	10,1 – 11	0,40 – 0,44
21	6 – 7	≥ 0,45
22	7,1 – 8	≥ 0,45
23	8,1 – 9	≥ 0,45
24	9,1 – 10	≥ 0,45
25	10,1 – 11	≥ 0,45

Outra opção, para a operação de desgalhamento, é a utilização da grade desgalhadora, que deve vir associada a uma máquina-base do tipo *skidder* ou trator agrícola. Porém, como os implementos de operação para estas máquinas são as garras, foi criada, uma classe para a grade desgalhadora, que deve ser escolhida na definição da máquina para desgalhamento, com 3 categorias: menor que 5, entre 5 e 7, e, maior que 7 metros de comprimento.

Definidas as classes e categorias de máquinas-base e as categorias de implementos, foram montadas as telas, para que se pudessem escolher as combinações de máquinas-base e implementos de operação, para as operações a serem simuladas.

A primeira tela (Anexo II d) do programa, que se refere à entrada de dados de máquinas e implementos, foi composta por cinco “botões” (chaves de acesso para outras telas), correspondendo cada um, às operações de corte, extração, desgalhamento, sortimento e cavaqueamento. Uma vez escolhida a operação, o programa mostra uma tela (Anexo II e) com os ícones das principais classes de máquinas disponíveis para aquela operação, facilitando a escolha. A partir da escolha da classe de máquina desejada, o programa disponibiliza a tela (Anexo II f), de definição de categorias de máquinas-base e implementos que estão cadastrados no banco de dados e disponíveis para simulação.

Também, nesta última tela, são definidos dados de entrada relacionados ao valor de aquisição, valor de um jogo de pneus, vida útil, consumo de combustível e lubrificantes e envelhecimento técnico para a máquina-base; e, ainda, o valor de aquisição, vida útil e envelhecimento técnico para o implemento de operação.

Estes dados são fornecidos, em termos médios, para a categoria da máquina-base e do implemento de operação; sendo que, os mesmos irão servir de base, para a estimativa do cálculo de custo-horário da máquina e, posteriormente, do custo da madeira produzida naquela operação. Estas informações encontram-se nas descrições fornecidas pela FAO/ECE/KWF citado por STÖR (1981).

4.2.3 VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PLANEJAMENTO OPERACIONAL DO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA

Definidas as variáveis relacionadas à área onde se irá efetuar a colheita, e, as máquinas que estarão operando, o programa segue, mostrando a tela de planejamento operacional do sistema (Anexo II-j).

Nesta parte do programa, foram definidas 25 variáveis que influenciam na produtividade e nos custos das máquinas relacionadas às operações de colheita de madeira, sendo que as variáveis são as seguintes:

- Tipo de intervenção;
- Número de árvores retiradas no desbaste seletivo;
- Número de árvores retiradas no desbaste sistemático;
- Número da linha do desbaste sistemático;
- Alcance lateral do desbaste seletivo;
- Sortimento único com comprimento padrão;
- Sortimentos variados em número de;
- Disposição da pilha em relação à estrada;
- Altura média das pilhas;
- Comprimento médio das pilhas;
- Largura média das pilhas;
- Descascamento;
- Distância média de extração;
- Altura dos tocos;
- Qualidade das operações de corte;
- Qualidade da operação de extração;
- Declividade máxima para as operações;
- Tipo de solo para as operações;
- Desempenho dos operadores;
- Disponibilidade operacional da máquina;

- Número de turnos;
- Número de horas trabalhadas por turno;
- Dias úteis trabalhados por mês;
- Número de máquinas disponíveis para as operações;
- Número de dias planejados para determinada operação.

Basicamente, estas variáveis estão relacionadas à forma de operação e disposição com que as toras ou fustes devem ser colocadas à beira da estrada e, à utilização diária das máquinas. Assim, as principais definições necessárias para o cadastro destas variáveis devem obedecer aos seguintes critérios:

1 - Tipo de intervenção: caracteriza-se pela escolha do regime de manejo que as máquinas de colheita de madeira irão realizar no povoamento. No caso da escolha de um de “corte final” ou “corte final com condução de rebrota”, as variáveis “número de árvores a serem retiradas nos desbastes sistemático e seletivo”, “número da linha do desbaste sistemático” e “alcance lateral do desbaste seletivo” são indisponibilizadas pelo programa. A variável, tipo de intervenção, deve ser escolhida em uma lista que contém as seguintes opções:

- 1º Desbaste
- 2º Desbaste
- 3º Desbaste
- 4º Desbaste
- Corte final
- Corte final com condução de rebrota

2 - Número de árvores a serem retiradas no desbaste seletivo: refere-se à quantidade de árvores que serão seletivamente retiradas do povoamento caso seja escolhido, na lista de tipo de intervenção, algum regime de desbaste. O valor deve ser digitado em número de árvores por hectare, e, no caso de não se ter desbaste seletivo, o valor deve ser zero.

3 – Número de árvores a serem retiradas no desbaste sistemático: refere-se à quantidade de árvores planejadas para serem retiradas do povoamento, sistematicamente, no caso de ser escolhido, na lista de tipo de intervenção, algum regime de desbaste. O valor deve ser digitado em número de árvores por hectare, e, no caso de não se ter desbaste sistemático, o valor deve ser zerado.

4 – Número da linha do desbaste sistemático: refere-se ao número da linha de árvores do povoamento em que se irá fazer o desbaste sistemático. O valor deve ser digitado, e, no caso de haver somente desbaste seletivo, o valor deve ser zero.

5 – Alcance lateral no desbaste seletivo: refere-se ao alcance lateral da máquina de colheita de madeira na operação de corte no caso de haver um desbaste seletivo. O valor deve ser escolhido em uma lista, com as seguintes opções:

- < 2 m
- 2 – 4 m
- 4 – 6 m
- 6 – 8 m
- > 8 m

6 – Sortimento único: refere-se à utilização de um comprimento único e padrão para o traçamento de fustes. O valor deve ser digitado em metros, com duas casas decimais, após a seleção do item, sortimento único.

7 – Sortimentos variados: refere-se ao número de sortimentos diferentes que são usados para o traçamento dos fustes. O valor deve ser digitado, após a escolha da opção, sortimentos variados.

8 – Disposição das pilhas de madeira em relação à estrada: refere-se ao posicionamento que o eixo principal das toras ou fustes terão em relação à estrada. O valor deve ser escolhido em uma lista com as seguintes opções:

- Paralelo: quando for ao longo da estrada
- Perpendicular: quando for 90° com a estrada

9 – Altura média das pilhas: refere-se à altura média que as pilhas de toras ou fustes terão, após a sua disposição à beira da estrada. O valor deve ser escolhido de uma lista que possui as seguintes opções:

- < 1 m
- 1 a 4, de 0,5 em 0,5 m
- > 4 m

10 – Largura média das pilhas: refere-se à largura média que as pilhas de toras ou fustes terão, após a sua disposição à beira da estrada. O valor deve ser escolhido em uma lista que possui as seguintes opções:

- < 2 m
- 2 a 15 m, de 1 em 1 m
- no comprimento do fuste

11 – Comprimento médio das pilhas: refere-se ao comprimento médio que as pilhas de toras ou fustes terão, após a sua disposição à beira da estrada. O valor deve ser escolhido em uma lista que possui as seguintes opções:

- < 5 m
- 5 a 50 m, de 5 em 5 m
- > 50 m
- no comprimento do fuste

12 – Descascamento: refere-se à inclusão da operação de descascamento, no caso da simulação de um povoamento de eucaliptos. O item deve ser escolhido em uma lista que possui as seguintes opções:

- Com casca: não se deseja fazer o descascamento
- Sem casca: se deseja fazer o descascamento

13 – Distância média de extração (DME): refere-se à distância média de extração na qual se planeja que a máquina, designada para a operação de extração, realize o seu trabalho. O valor deve ser escolhido em uma lista que possui as seguintes opções:

- < 50 m

- de 50 a 400 m, de 25 em 25 m
- de 400 a 800 m, de 50 em 50 m
- de 800 a 1000 m, de 100 em 100 m
- > 1000 m

14 – Altura dos tocos: refere-se à altura média dos tocos deixados pela operação de corte, que, porventura, venham a interferir nas operações de corte e extração. O valor deve ser escolhido em uma lista que possui as seguintes opções:

- < 10 cm
- 10 – 20 cm
- 20 – 30 cm
- > 30 cm

15 – Qualidade das operações de corte: refere-se à qualidade da disposição das toras ou fustes, deixados pela operação de corte, para a operação de extração. O valor deve ser escolhido em lista com as seguintes opções:

- Boa: as toras ou fustes estão dispostos de forma ordenada, sem nenhuma restrição para a operação de extração.
- Regular: as toras ou fustes estão dispostos de forma semi-ordenada, com poucas restrições para a operação de extração.
- Ruim: as toras ou fustes estão dispostos de forma não-ordenada, com restrições para a operação de extração, comprometendo o tempo de carga da máquina.

16 – Qualidade das operações de extração: refere-se à qualidade da disposição das toras ou fustes, deixados pela operação de extração, para a operação de carregamento. O valor deve ser escolhido em lista com as seguintes opções:

- Boa: as toras ou fustes estão dispostos de forma ordenada, sem nenhuma restrição para a operação de carregamento.
- Regular: as toras ou fustes estão dispostos de forma semi-ordenada, com poucas restrições para a operação de carregamento.

- Ruim: as toras ou fustes estão dispostos de forma não-ordenada, com restrições para a operação de carregamento, comprometendo o tempo de carga do caminhão.

17 – Declividade máxima para as operações: refere-se à declividade máxima, em que o planejador deseja, que as máquinas operem. O valor deve ser escolhido em uma lista que, em conjunto com o tipo de solo, também irá definir o volume de madeira que será colhido na área. Os valores possíveis de escolha são:

- 15 % -declividade máx. de até 15 %, com volume disponível nesta declividade.
- 25 % -declividade máx. de até 25 %, com volume disponível nesta declividade.
- 35 % -declividade máx. de até 35 %, com volume disponível nesta declividade.
- >35%- declividade máx. superior a 35 % com volume disponível nesta declividade.

18 – Tipo de solo: refere-se aos tipos de solo, que o planejador irá definir, em que as máquinas de colheita de madeira irão operar. O tipo de solo deve ser escolhido em uma lista que, em conjunto com a declividade do terreno, irá definir o volume de madeira que será colhido no projeto. Os tipos de solo possíveis de escolha são:

- Argiloso
- Arenoso
- Hidromórfico
- Argiloso e Arenoso
- Argiloso e Hidromórfico
- Arenoso e Hidromórfico
- Argiloso, Arenoso e Hidromórfico

19 – Desempenho dos operadores: refere-se ao tempo de experiência, qualidade e produtividade alcançadas pela média dos operadores, para cada tipo de máquina escolhidas para cada operação. Os níveis de desempenhos devem ser escolhidos em uma lista com as seguintes opções:

- Alto: operadores bem experientes, com excelente qualidade de operação e altas médias de produtividade;

- Médio: operadores treinados, com qualidade de operação e produtividade médias;
- Baixo: operadores em treinamento, com qualidade de operação e de produtividade baixas.

20 – Disponibilidade operacional: refere-se ao tempo em que a máquina está apta a operar, descontados, neste caso, a locomoção, o tempo de parada do operador, o abastecimento, a manutenção preventiva, etc. O valor deve ser digitado em percentagem.

21 – Número de turnos: refere-se ao número de turnos que serão cumpridos, diariamente, com cada máquina. O valor deve ser digitado e estar entre 1 e 4.

22 – Número de horas por turno: refere-se ao número de horas trabalhadas em cada turno de trabalho pelo operador da máquina. O valor deve ser digitado em horas, em números inteiros.

23 – Dias úteis de operação por mês: refere-se ao número mensal médio de dias planejados, para ser operada determinada máquina. Neste caso, podem-se descontar domingos, feriados, dias de chuva, etc. O valor deve ser digitado e fornecido em número de dias.

24 – Número de máquinas disponíveis: refere-se ao número de máquinas disponíveis para a operação. O valor deve ser digitado em número de máquinas, no caso de se ter escolhido a opção, de estimar o número de dias necessários para se colher o volume planejado.

25 – Número de dias disponíveis para a operação: refere-se ao número de dias disponíveis, para se colher um determinado volume de madeira planejado. O valor deve ser digitado em número de dias, no caso de se escolher a opção, de estimar o número de máquinas necessárias para se colher o volume de madeira planejado.

4.2.4 VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PLANEJAMENTO DE CUSTOS DE MÁQUINAS PARA SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA

Após a definição das variáveis relacionadas ao terreno, às máquinas-base e implementos de operação, e às do planejamento das operações, o SCM exibe a tela de planejamento dos custos das máquinas (Anexo II-k).

Este planejamento é feito de forma individual para cada máquina, sendo que, também, há a possibilidade de se utilizar um mesmo plano de custos para todas as máquinas.

Nesta parte do programa foram definidas as últimas 19 variáveis necessárias para a análise do sistema proposto para o simulador. Estas variáveis estão relacionadas à máquina-base e ao seu implemento de operação; e, são as seguintes:

- Valor residual da máquina-base;
- Valor residual do implemento de operação;
- Vida útil de um jogo de pneus;
- Valor de um litro de combustível;
- Coeficiente de reparos para a máquina base;
- Coeficiente de reparos para o implemento de operação;
- Taxa de juro;
- Valor de correção para taxa de juro;
- Seguros;
- Impostos;
- Garagem;
- Salário do operador;
- Encargos e benefícios sociais;
- Disponibilidade mecânica do conjunto máquina-base mais implemento de operação;
- Eficiência;
- Mecânicos;
- Taxa de administração;
- Quilometragem de transporte da máquina, por mês;
- Valor do km de transporte.

As principais definições necessárias para o cadastro destas variáveis devem obedecer aos seguintes critérios:

- 1 – Valor residual da máquina-base: refere-se ao valor, em percentagem do valor de aquisição da máquina-base, após ultrapassar o seu envelhecimento técnico, em anos ou horas de uso. Este valor deve ser digitado em percentagem do valor de aquisição.
- 2 – Valor residual do implemento de operação: refere-se ao valor, em percentagem do valor de aquisição do implemento de operação, após ultrapassar o seu envelhecimento técnico, em anos ou horas de uso. Este valor deve ser digitado em percentagem do valor de aquisição.
- 3 – Vida útil de um jogo de pneus / esteira: refere-se ao tempo de vida útil de operação, planeado para o material rodante da máquina-base. O valor deve ser digitado em número de horas.
- 4 – Valor de um litro de combustível: refere-se ao valor monetário pago pela empresa pelo litro de combustível a ser utilizado na máquina-base. O valor deve ser digitado em *dollar* americano.
- 5 – Coefficiente de reparos para a máquina-base: refere-se ao valor que será gasto em peças para a máquina-base, durante a sua vida útil. O valor digitado deve ser o resultado do quociente da estimativa do valor a ser gasto em peças pela máquina-base, pelo valor de aquisição da máquina-base.
- 6 – Coefficiente de reparos para o implemento de operação: refere-se ao valor que será gasto em peças para o implemento de operação, durante a sua vida útil. O valor digitado deve ser o resultado do quociente da estimativa do valor a ser gasto em peças pelo implemento de operação, pelo valor de aquisição do implemento de operação.
- 7 – Taxa de juro anual: refere-se à margem de capitalização anual do valor investido na aquisição da máquina-base, mais o implemento de operação. O valor deve ser digitado em percentagem.

- 8 – Valor de correção para a taxa de juros: refere-se a um índice médio que é multiplicado pela taxa de juros, para corrigir este valor, devido à desvalorização da máquina-base mais o implemento de operação, com o passar dos anos. O valor deve ser digitado em números entre 0,5 e 0,7.
- 9 - Garagem: refere-se a eventuais valores gastos, anualmente, para se guardar ou tomar conta da máquina. O valor deve ser digitado em percentagem do valor de aquisição da máquina-base.
- 10 - Seguros: refere-se a eventuais valores gastos, anualmente, em relação a seguros da máquina, devido a risco de incêndio, acidentes de transporte, etc . O valor deve ser digitado em percentagem do valor de aquisição da máquina-base.
- 11 – Impostos: refere-se a eventuais valores gastos, anualmente, com a máquina, em taxas rodoviárias, por exemplo. O valor deve ser digitado em percentagem do valor de aquisição da máquina-base.
- 12 – Salário do operador: refere-se ao valor gasto com a remuneração mensal de um operador da máquina-base. O valor deve ser digitado em *dollar* americano.
- 13 – Encargos e benefícios sociais: refere-se a valores gastos com encargos sociais (INSS, PIS, Férias, 13º salário, etc) e benefícios sociais como cesta básica, e seguro-saúde, gastos com um operador da máquina-base. O valor deve ser digitado em percentagem sobre o salário do operador.
- 14 – Disponibilidade mecânica do conjunto máquina-base e implemento de operação: refere-se ao percentual de tempo em que o conjunto, máquina-base mais implemento de operação, não estarão operando, devido às paradas relacionadas a problemas mecânicos. O valor deve ser digitado em percentagem subtraída de 100%.
- 15 – Eficiência: refere-se ao tempo em que o conjunto, máquina-base e implemento de operação, estará realmente trabalhando, e, é o resultado da multiplicação da disponibilidade operacional pela disponibilidade mecânica do conjunto. Este valor é automaticamente calculado pelo programa.

16 – Mecânicos: refere-se ao valor gasto com mecânicos para executar as manutenções do conjunto, máquina-base mais implemento de operação. O valor deve ser digitado em percentual do valor do salário do operador da máquina.

17 – Taxa de administração: refere-se aos valores gastos com técnicos, engenheiros, meios de transporte, comunicação e infra-estrutura administrativa central, para dar instruções e controlar o trabalho das máquinas. O valor deve ser digitado em percentagem sobre os gastos totais com a máquina.

18 – Quilometragem de transporte mensal: refere-se à eventual quilometragem média de deslocamento, por caminhão, da máquina-base e implemento de operação, durante um mês de operação. O valor deve ser digitado em km.

19 – Valor do quilômetro de transporte: refere-se ao valor do quilômetro de transporte, pelo meio utilizado para executá-lo. O valor deve ser digitado em *dollar* americano por quilômetro.

Ainda, nesta etapa do planejamento de custos das máquinas, há a possibilidade de se optar pelo método de depreciação linear, ao invés do sugerido pela FAO, que está relacionado com a utilização anual da máquina. O método linear deprecia o valor do conjunto, máquina-base mais implemento de operação em um tempo fixo, estipulado pela vida útil da máquina, em horas de uso. A metodologia da FAO, também utiliza este método, porém, somente, quando a utilização anual for maior que o umbral da máquina.

4.3 ESTIMATIVA DO CUSTO-HORÁRIO DAS MÁQUINAS

A partir da definição de todas as variáveis necessárias para a estimativa do cálculo de custos operacionais de cada máquina-base mais implemento de operação, o programa, automaticamente, calcula o custo-horário das máquinas e demonstra os resultados em um quadro, numa tela (Anexo II I).

Os custos operacionais das máquinas são apresentados, discriminadamente, em custos da máquina (fixos, semi-fixos e, variáveis), custos de pessoal, custos de administração e custos totais.

Os valores estimados, nesta tela, servirão de base para a estimativa do custo da madeira produzida pelas máquinas em suas respectivas operações, a serem apresentadas, na tela de análise do sistema.

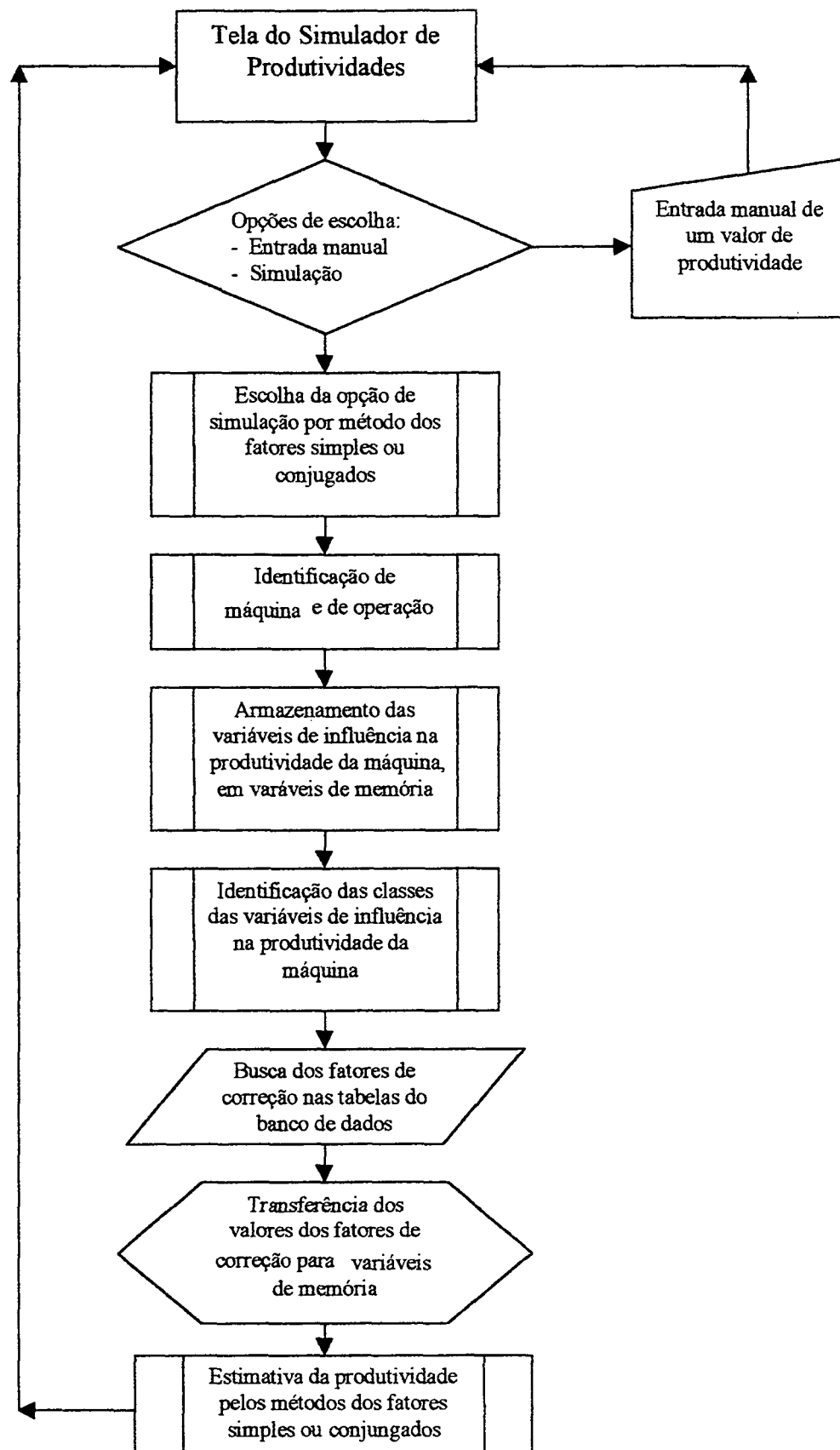
4.4 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS DE COLHEITA DE MADEIRA PELO SIMULADOR

A tela do simulador é apresentada pelo programa na sequência do fluxo de informações (Anexo II m). O objetivo da abertura desta tela é que, o usuário, quando for executar a análise do sistema, possua uma estimativa de produtividade para cada máquina escolhida no programa.

Desta maneira, existem duas opções básicas no simulador: a primeira é a adoção de um valor de produtividade, atribuída pela experiência do usuário para determinada máquina, nas situações de operação e planejamento propostos, ou utilização de dados históricos; e a segunda é a utilização do simulador de produtividade, desenvolvido pelo uso dos métodos dos fatores simples ou conjugados (FIGURA 02).

Para a utilização de uma produtividade já conhecida, basta o usuário escolher na opção de atribuir uma estimativa de produtividade e, digitar o valor correspondente na caixa de texto, ao lado deste nome. Caso seja utilizada alguma das formas de simulação propostas, o usuário deve, somente, escolher a opção de estimativa de produtividades por fatores simples ou conjugados, fazendo com que o próprio programa ajuste um valor de produtividade, em função dos dados cadastrados nas tabelas banco de dados para cada variável de influência na produtividade, conforme o fluxograma demonstrado na FIGURA 02.

FIGURA 02: FLUXOGRAMA DA ESTRUTURA DO SIMULADOR DE PRODUTIVIDADE



A tela do simulador também apresenta uma relação das variáveis, que influenciam a produtividade das máquinas de colheita de madeira, e, quando o simulador é acionado, conforme for a classe da máquina-base, as variáveis associadas à produtividade ficam ativadas (TABELA 25), e, as que não estão associadas são desabilitadas.

4.4.1 VARIÁVEIS QUE INFLUÊNCIAM NA PRODUTIVIDADE DAS CLASSES DE MÁQUINAS-BASE

Foram relacionadas trinta e sete variáveis que podem influenciar a produtividade das máquinas de colheita de madeira. Estas variáveis associadas às dezessete classes de máquinas-base (TABELA 25) representam a raiz do simulador de produtividade, e são usadas para definir em quais tabelas do banco de dados, o simulador deve buscar os fatores de redução necessários, para cada conjunto de máquina-base mais implemento de operação.

Devido à possibilidade de algumas máquinas realizarem mais de uma operação, estas foram cadastradas de forma a possibilitar o trabalho de operações, em separado, ou em conjunto. Desta forma, a classe de *harvester* para corte, também inclui as variáveis relacionadas a desganhamento e sortimento; a classe de *harvester* para desganhamento possui as variáveis para sortimento, e, o *harvester* para sortimento possui, somente, as variáveis relacionadas à operação de sortimento.

Os quadros preenchidos na TABELA 25 demonstram quais são as variáveis que influenciam a produtividade das classes de máquina-base.

Pode-se verificar, nesta tabela, que as variáveis se agrupam conforme a atividade na qual as máquinas estão operando. Este agrupamento das variáveis ocorre devido à localidade onde as operações são efetuadas e, desta maneira, as variáveis relacionadas ao povoamento e ao terreno estão influenciando mais as operações de corte e extração; enquanto as variáveis mais relacionadas a características do fuste e ao estaleiro estão influenciando mais nas operações de desganhamento e sortimento.

A variável espaçamento na linha influencia a produtividade das máquinas de colheita, principalmente, a operação de corte, onde as mesmas têm que se deslocar entre uma árvore

e outra. Quanto maior for a distância entre as árvores, maior será o tempo para o deslocamento e, conseqüentemente, menor a produtividade. As máquinas afetadas por esta variável são: o *harvester*, o trator de esteira, a motosserra, o *feller* e o triciclo, para a operação de corte e *harvester* na operação de desgalhamento e eventual sortimento, caso tenha havido alguma operação anterior, a qual somente tenha derrubado as árvores.

O espaçamento na entre-linha influencia a produtividade das máquinas de colheita, principalmente, nas operações de corte e extração. Máquinas como *harvesters* e tratores de esteira, que possuem gruas ou braços, podem andar em uma linha e ir cortando linhas laterais; já, as máquinas como o *feller*, o triciclo e a motosserra, conforme for a operação, necessitam de espaço para derrubar as árvores. *Forwarders*, tratores agrícolas e *skidders* são afetados diretamente pelo espaçamento na entre-linha, quando em operações de desbaste, onde há a necessidade do deslocamento no interior do povoamento. Genericamente, pode-se dizer que, quanto menor o espaçamento na entre-linha, maior será a produtividade das máquinas de corte e menor das de extração.

A declividade é uma das variáveis limitantes nas operações de colheita de madeira, que ocorrem dentro do povoamento, e, genericamente, pode-se dizer que, quanto maior for a declividade, maiores serão as limitações ao deslocamento da máquina no terreno, e, por conseguinte, menor será a produtividade. Desta maneira, as produtividades do *harvester*, do trator de esteiras, da motosserra, do *feller* e do triciclo, quando na operação de corte, e do *forwarder*, do *skidder* e do trator agrícola, na operação de extração, são fortemente influenciadas pela declividade.

A variável tipo de solo está relacionada à produtividade das máquinas de colheita de madeira porque prejudica o desgaste de materiais, como sabres e dentes dos discos de cabeçotes, e, em condições adversas do tempo, os solos podem se tornar mais suscetíveis à patinação dos pneus. Assim sendo, a produtividade do *harvester*, do trator de esteiras, da motosserra, do *feller* e do triciclo, quando na operação de corte, e do *forwarder*, do *skidder* e do trator agrícola, na operação de extração, é influenciada pelo tipo de solo.

A principal limitação da capacidade de sustentação do solo ocorre porque alguns solos, quando muito úmidos, com drenagem ruim e sem cobertura vegetal, tornam-se impraticáveis para o deslocamento de máquinas, principalmente, para *fellers*, *skidders* e tratores agrícolas. A baixa capacidade de sustentação de alguns tipos de solos, aliadas à umidade excessiva, podem causar patinamento, em especial, nas áreas que exigem maior esforço das máquinas, como, por exemplo, o desgalhamento com grade. A patinação excessiva e o deslizamento dos pneus diminuem a produtividade de *harvesters*, tratores de esteiras, *fellers* e triciclos submetidos às operações de corte; *forwarders*, tratores agrícolas e *skidder*, para extração, e, *harvesters* e tratores agrícolas, para o desgalhamento.

A variável alinhamento versus inclinação lateral ou declividade lateral, influencia a produtividade das máquinas de colheita de madeira, que operam no interior do povoamento. Quanto maior for a inclinação lateral, maiores serão as dificuldades de estabilização da máquina no terreno; e, também, haverá maiores dificuldades para o direcionamento da derrubada das árvores. Máquinas que possuem sistemas de nivelamento de cabina ou articulações independentes do eixo, tornam-se menos sensíveis a esta variável; porém, mesmo para estas, existem limitações. As principais máquinas afetadas por esta variável são: *harvesters*, tratores de esteira, *fellers* e triciclos, na operação de corte; e, *forwarders*, tratores agrícolas e *skidders*, na operação de extração.

A altura dos tocos deixados pela atividade de corte pode comprometer a produtividade da operação de extração, pois, o ato de se passar por cima de tocos muito altos com máquinas entre cinco e trinta toneladas, quando carregadas, pode comprometer a vida útil de pneus e esteiras, além de, algumas vezes, obrigar as máquinas a efetuarem manobras desnecessárias, ou até exigirem o trabalho de rebaixamento de tocos, feito por um motosserrista ou algum outro trator de esteiras equipado com lâmina. As principais máquinas afetadas por esta variável são: *harvesters*, tratores de esteira e triciclos, na operação de corte; *forwarders*, tratores agrícolas e *skidders*, na operação de extração; e, *harvesters* e tratores de esteira, na operação de desgalhamento e eventual sortimento.

A variável pedregosidade, caracterizada pela granulometria das pedras no terreno, pode influenciar a produtividade das máquinas que trafegam pelo terreno, bem como, daquelas

que efetuam o corte das árvores. As principais máquinas afetadas por esta variável são: *harvester*, trator de esteiras, motosserra, *feller* e triciclo, na operação de corte, e, *forwarder*, *skidder* e trator agrícola, na operação de extração.

As leiras influenciam no deslocamento das máquinas pelo terreno, gerando instabilidade, quando as mesmas se encontram em operação. Desta maneira, a produtividade do trator de esteiras, do *feller* e do triciclo, quando na operação de corte, e, do *forwarder*, do *skidder* e do trator agrícola, na operação de extração, pode ser afetada pela presença das leiras.

A variável sub-bosque, dependendo de sua intensidade, pode afetar a produtividade das máquinas de colheita de madeira diminuindo a visibilidade dos operadores que trabalham com as máquinas de corte. As principais máquinas que podem ser afetadas por esta variável são: o *harvester*, o trator de esteiras, o *feller* e o triciclo para a operação de corte.

O desempenho médio dos operadores é de extrema influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira, afetando todas as máquinas com intensidades diferentes, conforme for o nível de desenvolvimento tecnológico de cada uma.

Os turnos de trabalho podem afetar a produtividade das máquinas de colheita de madeira, devido a possível diminuição de visibilidade em turnos noturnos, tanto do povoamento como de pontos de manutenção da máquina, ou ainda, pelo desequilíbrio no biorritmo dos operadores que ficam alternando horários de trabalho constantemente. Com exceção da motosserra, que trabalha apenas durante o dia por questões de luminosidade, todas as demais máquinas são afetadas pelo turno de trabalho.

O tipo de intervenção influencia diretamente a produtividade das máquinas que operam no interior do povoamento. Fatores como: número de árvores a serem retiradas no desbaste seletivo, número de árvores e da linha em que será feito o desbaste sistemático, cuidados com as árvores remanescentes nos desbastes, interferem diretamente na produtividade de *harvesters*, motosserras, *fellers*, tratores de esteira e triciclos, nas operações de corte, *forwarders*, *skidders* e tratores agrícolas para a extração, e *harvesters* para o desgalhamento e eventual sortimento.

A qualidade da madeira (árvores, fustes, ou toras) da operação de corte é de fundamental importância na produtividade das máquinas, nas operações de corte e extração. Assim, na operação de corte, devido ao fato das máquinas levarem mais tempo para preparar melhor as pilhas de toras ou feixes de árvores para a operação subsequente; e, na extração, quando as pilhas ou feixes ou árvores isoladas (no caso do corte com motosserra) estarão mal dispostos no terreno, exigindo manobras indesejáveis e perda de tempo por parte destas máquinas. Desta maneira, são influenciados por esta variável: *harvesters*, motosserras, tratores de esteiras, *fellers* e triciclos, na operação de corte; *forwarders*, *skidders* e tratores agrícolas, na operação de extração; e, *harvesters*, motosserras e tratores com esteiras, para o desgalhamento e eventual sortimento.

A qualidade da madeira da extração influencia a produtividade das máquinas de operações de extração, desgalhamento e sortimento. O maior ordenamento das toras, fustes ou árvores pode exigir maior gasto de tempo das máquinas que irão desempenhar esta função, causando diminuição da produtividade e influenciando a produção da atividade subsequente que pode ser o desgalhamento, o sortimento ou o carregamento. Desta maneira, as máquinas afetadas por esta variável são: os *forwarders*, os *skidders* e os tratores agrícolas utilizados na operação de extração; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de desgalhamento; e, *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de sortimento.

A distância média de extração (DME), é uma variável direta da função de produtividade das máquinas de extração. Uma maior distância a ser percorrida faz com que haja um maior gasto de tempo no deslocamento da máquina, tanto vazia como carregada, e, em consequência, uma diminuição da produtividade do meio de operação. Assim sendo, as máquinas afetadas por esta variável são: os *forwarders*, os *skidders* e os tratores agrícolas utilizados para extração.

O tipo de estaleiro pode influenciar a produtividade das máquinas de colheita em função do seu sentido. Conforme for o sistema de colheita de madeira utilizado, as máquinas de extração, desgalhamento, sortimento e cavaqueamento devem ser aquelas que operam da melhor forma com estaleiros paralelos ou perpendiculares à estrada. As máquinas afetadas

por esta variável são: os tratores agrícolas e os *skidders*, na operação de extração; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de desgalhamento; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de sortimento; e, os cavaqueadores, na operação de cavaqueamento.

A altura, a largura e o comprimento dos estaleiros influenciam diretamente as operações que neles se desenvolvem e que são: a extração, o desgalhamento, o sortimento e o cavaqueamento. Pilhas altas ou baixas, estreitas ou largas, curtas ou compridas irão influenciar, de uma maneira diferente cada máquina que estará operando, conforme forem suas características principais. As principais máquinas afetadas por esta variável são: os *forwarders*, os tratores agrícolas e os *skidders*, na operação de extração; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de desgalhamento; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de sortimento; e, os cavaqueadores, na operação de cavaqueamento.

A variável sortimento influencia a produtividade das máquinas de colheita de madeira que derrubam, desgalham e seccionam as árvores. O aumento do número de sortimentos tende a diminuir a produtividade das máquinas, devido ao aumento de tempo necessário para se medir e optar pela melhor condição de traçamento da árvore. Sistemas informatizados de mensuração e sortimento podem diminuir o impacto desta variável sobre a produtividade das máquinas. Assim sendo, as principais máquinas afetadas por esta variável são: os *harvesters*, tratores de esteira e motosserras utilizados nas operações de corte e que, depois, irão efetuar o desgalhamento e o sortimento; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de desgalhamento e que, depois, irão efetuar o sortimento; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de sortimento. Também a produtividade dos *forwarders* e tratores agrícolas com carretas (autocarregáveis), utilizados para a extração das toras e toretes no interior do povoamento, são afetados pelo sortimento, em razão da necessidade de ordenamento das toras no estaleiro e de possíveis viagens da máquina, sem a ocupação total da sua área útil de carga, conforme as dimensões dos sortimentos.

Caso seja feito um sortimento único, o comprimento das toras influencia a produtividade das máquinas de colheita que efetuam o traçamento dos fustes, e, dos *forwarders* e tratores agrícolas com carretas (autocarregáveis), utilizados para a extração dessa madeira, quando traçado no interior do povoamento. A menor dimensão das toras exige uma maior quantidade de secções na árvores, forçando, desta maneira, a uma diminuição da produtividade do meio utilizado, além de aumentar o tempo de carga dos *forwarders*. As principais máquinas afetadas por esta variável são: os *harvesters*, tratores de esteira e motosserras utilizados nas operações de corte e que, depois, irão efetuar o desgalhamento e o sortimento; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de desgalhamento e que, depois, irão efetuar o sortimento; os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais, nas operações de sortimento.

A variável descascamento refere-se a uma operação complementar, que pode ser efetuada pelos *harvesters* e tratores com esteiras, que possuem implementos de operação do tipo cabeçotes de *harvester*, com opção de descascamento. Esta opção somente é possível para árvores do gênero *Eucalyptus* spp. e que possuem um tipo de casca compatível com o conjunto de descascamento do cabeçote. Desta maneira, quando há a necessidade de se descascar as toras, há uma diminuição da produtividade da máquina e, conforme o tipo de casca, esta operação pode se tornar ainda menos produtiva.

O diâmetro da base das árvores é uma variável fundamental para o dimensionamento dos equipamentos que serão utilizados no corte e na extração do povoamento. Cada equipamento possui um intervalo de diâmetro ótimo para sua operação, sendo que tanto diâmetros muito grandes, que alcançam o limite do implemento e forçam o seu trabalho, como diâmetros muito pequenos, que subestimam a capacidade de operação, diminuem a produtividade das máquinas. As principais máquinas que sofrem influência desta variável são: os de *harvesters*, motosserras, *fellers*, tratores de esteira e triciclos, nas operações de corte; *skidders* e tratores agrícolas para a extração, e, *harvesters* para o desgalhamento e eventual sortimento.

A variável volume individual das árvores não deve ser confundida com o peso da árvore, mesmo que influenciem de maneira similar a produtividade das máquinas. O peso atua diretamente nas máquinas que efetuam a operação de corte ou que necessitam manusear a árvore com galhos, acículas e fuste, como os *harvesters*, os *fellers*, os triciclos, os tratores com esteira e as motosserras; e, também, as máquinas de extração: *skidders* e tratores agrícolas. Já, as máquinas que operam com a árvore desgalhada, ou seja, com o fuste, sofrem maior influência do volume ou peso do fuste, como no caso das que irão efetuar somente a operação de sortimento: os *harvesters*, tratores de esteira, motosserras e carregadores florestais. Também os *skidders* e tratores agrícolas serão influenciados pelo volume individual, quando as árvores forem previamente desgalhadas. Devido ao fato do volume individual e do peso da árvore serem função direta do diâmetro da base, cada máquina e seu respectivo implemento de operação, possuem uma produtividade ótima para um intervalo de volume e peso, sendo que, tanto para valores acima como para baixo deste ótimo, existem perdas de produtividade.

O comprimento da copa, por ser um dos componentes do peso da árvore, influencia nas operações de corte, extração e desganhamento. Árvores com maior copa possuem maior peso, necessitando assim, maior técnica para serem derrubadas, além de causarem maior atrito para o arraste e gasto maior de tempo para o seu desganhamento. Desta maneira, as máquinas que são influenciadas por esta variável são: os *harvesters*, os *fellers*, os triciclos, os tratores de esteira e as motosserras, na operação de corte; os *harvesters*, os carregadores florestais, os tratores de esteira e as motosserras, na operação de desganhamento; e os *skidders* e tratores agrícolas, na operação de extração. Os cavaqueadores fixos, que são alimentados com árvores inteiras, também são influenciados por esta variável.

A variável altura total influencia a produtividade das máquinas que cortam e manuseiam as árvores em pé e as depositam no chão, como no caso dos *fellers* e dos triciclos, e, também, nas máquinas de extração, como *skidders* e tratores agrícolas, que necessitam arrastar estas árvores. A operação de cavaqueamento, na qual as máquinas são alimentadas com árvores inteiras, também influencia o seu desempenho.

O diâmetro da ponta fina é que irá definir a variável altura comercial, assim sendo, ambas influenciam a produtividade das máquinas de corte, desgalhamento e sortimento. Quanto maior o diâmetro da ponta fina, menor será a altura comercial e o comprimento da copa que será desgalhada, e, desta forma, as máquinas: *harvesters*, tratores com esteiras e motosserras para o corte; *harvesters*, tratores com esteiras, carregadores florestais, e motosserras para o desgalhamento, e, *harvesters*, tratores com esteiras, carregadores florestais e motosserras para o sortimento, sofrem influência direta destas variáveis.

O diâmetro dos galhos da bordadura e o diâmetro dos galhos do interior do povoamento possuem uma influência direta nas máquinas que efetuam o desgalhamento das árvores. *Harvesters*, tratores com esteiras e motosserras, nas operações de corte com possibilidade de desgalhamento; *harvesters*, carregadores florestais, tratores com esteiras e motosserras, na operação de desgalhamento; e, *skidders* e tratores agrícolas, na operação de extração em conjunto com uma grade desgalhadora, são as máquinas que, diretamente, são influenciadas por estas variáveis.

As variáveis tortuosidade e fustes bifurcados estão, diretamente, relacionadas às máquinas que precisam fazer com que o fuste passe por dentro do implemento para as operações de desgalhamento, sortimento ou ainda, o cavaqueamento, com exceção da motosserra, que, no caso das bifurcações, tem o serviço de desgalhe e sortimento aumentados. Desta maneira, as máquinas do tipo: *harvesters*, tratores com esteira e motosserras para corte e posterior desgalhamento e traçamento; *skidders* e tratores agrícolas, nas operações de extração, utilizando grades para o desgalhamento; *harvesters*, motosserras, tratores com esteira e carregadores florestais para desgalhamento, com possibilidade de sortimento; *harvesters*, motosserras, tratores com esteira e carregadores florestais para sortimento; e, cavaqueadores para a operação de cavaqueamento, sofrem influência em suas produtividades devido a tortuosidades nos fustes.

O volume por hectare disponível para ser extraído de um povoamento influencia diretamente a produtividade dos *forwarders* utilizados para extração, pois, quanto maior for a quantidade de madeira em uma determinada área, maior será a produtividade dos meios

de extração, devido à diminuição da necessidade de deslocamento para a complementação da carga.

As árvores bifurcadas na base representam uma variável que influencia a produtividade das máquinas de corte, dificultando, muitas vezes, o agarramento completo do fuste pelo implemento de operação, exigindo dois ou mais cortes na base das árvores ou ainda, obrigando que a mesma seja cortada alguns decímetros acima da base. Isto causa perdas de madeira, tocos muito altos que dificultarão o tráfego na área, e ainda, trabalhos para rebaixamento dos mesmos. As máquinas que estão relacionadas a esta variável são: os *harvesters*, os tratores com esteiras, os triciclos, as motosserras e os *fellers*.

4.4.2 PRODUTIVIDADE MÁXIMA DA MÁQUINA BASE E IMPLEMENTO DE OPERAÇÃO

A definição da produtividade máxima para cada conjunto de máquina-base mais implemento de operação é um dos pontos decisivos da confiabilidade das estimativas a serem fornecidas pelo simulador. A necessidade de se determinar qual é a melhor composição das variáveis relacionadas à produtividade da classe à qual a máquina base pertence é fundamental para atribuir o valor máximo possível de produtividade para a condição de menor influência das variáveis na produtividade do conjunto.

O valor de produtividade máxima para as máquinas deve ser fornecido na unidade “m³ por hora efetiva” para a máquina-base do tipo *forwarder* e “número de árvores por hora efetiva” para as demais máquinas. Estabeleceu-se estas unidades em função do ciclo de trabalho de cada máquina, onde a produtividade da maioria das máquinas é em relação ao número de árvores cortadas, extraídas (arrastadas), desganhadas, sortidas ou cavaqueadas, por hora; já o *forwarder*, por extrair uma carga de madeira com uma capacidade pré-definida, torna mais fácil avaliar sua produtividade em m³ por hora.

Para exemplificar esta condição, é apresentada uma tabela (TABELA 26) para uma máquina-base que pode realizar as operações de corte, desganhamento e sortimento, da

classe de *harvester* de pneu, da categoria dois, com as seguintes características: tração do tipo 4 X 4, com potência entre 130 e 180 hp; equipado com um implemento de operação do tipo cabeçote de *harvester* da categoria um, com diâmetro máximo de corte de até 55 cm, peso menor que 960 kg e potência no rolo menor que 20 kN.

Para esta combinação de variáveis, em um povoamento de *Pinus* sp, a produtividade máxima esperada para o conjunto das categorias de máquina-base e implemento de operação, trabalhando uma hora, é de aproximadamente 70 árvores. Ressalta-se que este conjunto de máquina e implemento é capaz de cortar, desgallar e sortir; porém, sua máxima produtividade irá ocorrer, quando a mesma somente estiver cortando.

TABELA 26: CONDIÇÃO ÓTIMA DE OPERAÇÃO PARA O CONJUNTO FORMADO POR UMA MÁQUINA DA CLASSE DO *HARVESTER* DE PNEU PARA CORTE DA CATEGORIA 2 E UM IMPLEMENTO DE OPERAÇÃO DO TIPO CABEÇOTE DE *HARVESTER* DA CATEGORIA 1.

Variável de influência na produtividade	Condição ótima de operação para a categoria
Espaçamento na linha	2 – 3 m
Espaçamento na entre linha	2 – 3 m
Declividade	< 15 %
Tipo de solo	Argiloso
Capacidade de sustentação	Classe 1
Alinhamento X inclinação	0 °
Altura de tocos	< 10 cm
Pedregosidade	Classe 1
Leiras	Classe 1
Sub-bosque	Classe 1
Desempenho do operador	Alta
Turno de operação	1 x 8 horas
Tipo de intervenção	Corte Raso / Final
Qualidade da operação de corte	Boa
Sortimento	Nenhum
Comprimento da tora	Nenhum
Descascamento	Com casca
Diâmetro da base	43 – 50 cm
Volume individual	0,6 – 0,8 m ³
Peso da árvore	0,6 – 0,8 ton
Diâmetro da ponta fina	0
Altura comercial	20 m
Diâmetro dos galhos da bordadura	1 – 3 cm
Diâmetro dos galhos do interior do povoamento	1 – 3 cm
Tortuosidade dos fustes	Retos
Árvores bifurcadas	0 %
Fustes bifurcados	0 %

A condição de operação demonstrada nesta tabela, pode ser atribuída como ótima para o conjunto máquina-base e implemento de operação supracitados, porque:

- as variáveis do terreno não apresentarem restrições ao deslocamento da máquina-base;
- o operador é bem treinado e favorecido pelo turno de trabalho;
- o tipo de manejo favorecendo a produtividade;
- o implemento de operação estar bem dimensionado para as variáveis do povoamento.

4.4.3 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS DE COLHEITA DE MADEIRA PELO MÉTODO DOS FATORES SIMPLES

Depois do programa armazenar todos os valores em sua memória é aplicada a seguinte fórmula para estimar a produtividade real por meio dos fatores simples:

$$Ps = \frac{\sum_{i,j} \left[Pm * \frac{\left(100 - \left(\sum_i f_i + (f_{si} + f_{aj}) \right) \right)}{100} \right] V_{ij}}{\sum_{i,j} V_{ij}}$$

Onde:

Ps: Produtividade estimada pelo método dos fatores simples (m³ / hora efetiva de trabalho)

Pm: Produtividade máxima do conjunto de categorias de máquina base e implemento de operação (m³ / hora efetiva de trabalho)

f_i: Somatório dos 35 fatores de correção para máquina no caso de eucaliptos e 33 no caso de pinus

f_{aj}: fator de correção para declividade

f_{si}: fator de correção para o tipo de solo

V_{ij} : Volume a ser colhido na área ij (m^3)

A fórmula original para a estimativa de produtividade por uso dos fatores simples, seria a produtividade máxima menos o somatório dos fatores de correção para cada variável. Porém, utilizou-se uma ponderação em função do volume a ser colhido por classe de declividade e tipo de solo, para que, realmente, a produtividade estimada fosse representativa para toda a área a ser colhida. Na sequência do programa, primeiro há uma estimativa da produtividade para cada área a ser colhida e posteriormente é feita a ponderação pelo volume de madeira a ser colhido, dentro de cada combinação de declividade e tipo de solo.

4.4.4 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS DE COLHEITA DE MADEIRA PELO MÉTODO DOS FATORES CONJUGADOS

Para a estimativa da produtividade pelo uso do método dos fatores conjugados, a lógica descrita no item anterior é a mesma, variando somente a fórmula original que é a produtividade máxima menos o somatório dos grupos de fatores de correção. Neste caso, a fórmula aplicada é a seguinte:

$$P_c = \frac{\sum_{i,j} \left[P_m * \frac{\left(100 - \left(\sum_i Gf_i + (f_a + f_d) \right) \right)}{100} \right] V_{ij}}{\sum_{i,j} V_{ij}}$$

Onde:

P_c : Produtividade estimada pelo método dos fatores conjugados (m^3 / hora efetiva de trabalho)

Pm : Produtividade máxima do conjunto de categorias de máquina base e implemento de operação (m^3 / hora efetiva de trabalho)

Gf_i : Grupos de fatores de correção para máquina

f_{aj} : fator de correção para declividade

f_{si} : fator de correção para o tipo de solo

V_{ij} : Volume a ser colhido na área ij (m^3)

Os grupos de fatores de correção desenvolvidos para as classes de máquinas base que estão sendo simuladas em pinus e eucaliptos são os seguintes:

1- Grupo dos fatores de deslocamento

$$Gf_1 = \sum f_{deslocamento}$$

Onde:

Gf_1 : grupo dos fatores de deslocamento

$f_{deslocamento}$: Fatores de correção relacionados ao deslocamento da máquina, que são: espaçamento na linha, espaçamento na entre-linha, capacidade de sustentação do solo, alinhamento X inclinação, pedregosidade, leiras, sub-bosque.

2- Grupo dos fatores de treinamento

$$Gf_2 = \sum f_{treinamento}$$

Onde:

Gf_2 : grupo dos fatores de treinamento

$f_{treinamento}$: Fatores de correção relacionados ao treinamento dos operadores, que são: desempenho (experiência), turno de trabalho.

3- Grupo dos fatores de manejo

$$Gf_3 = \sum f_{\text{manejo}}$$

Onde:

Gf_3 : grupo do fator de manejo

f_{manejo} : Fator de correção relacionado ao manejo da floresta, que é decorrente do tipo de intervenção

4- Grupo dos fatores de qualidade

$$Gf_4 = \sum f_{\text{qualidade}}$$

Onde:

Gf_4 : grupo dos fatores de qualidade das operações

$f_{\text{qualidade}}$: Fatores de correção relacionados à qualidade das operações, que são: a qualidade dos fustes ou toras da operação corte e de extração.

5- Grupo dos fatores de distância média de extração

$$Gf_5 = \sum f_{DME}$$

Onde:

Gf_5 : grupo do fator da distância média de extração

f_{DME} : Fator de correção relacionado à distância média de extração.

6- Grupo dos fatores de estaleiro

$$Gf_6 = \sum f_{\text{estaleiro}}$$

Onde:

Gf_6 : grupo dos fatores de estaleiro

$f_{estaleiro}$: Fatores de correção relacionados ao estaleiro, que são: o tipo, a altura, largura e comprimento do estaleiro.

7- Grupo dos fatores de sortimento

$$Gf_7 = \sum f_{sortimento}$$

Onde:

Gf_7 : grupo dos fatores de sortimento

$f_{sortimento}$: Fatores de correção relacionados ao sortimento, que são: a operação de sortimento e o comprimento da tora

8- Grupo dos fatores de descascamento

$$Gf_8 = \sum f_{descascamento}$$

Onde:

Gf_8 : grupo do fator de descascamento

$f_{descascamento}$: Fator de correção relacionado ao descascamento

9- Grupo dos fatores dendrométricos

$$Gf_9 = \sum f_{dendrométrico}$$

Onde:

Gf_9 : grupo dos fatores dendrométricos

$f_{dendrométricos}$: Fatores de correção dendrométricos: diâmetro da base, volume individual, peso da árvore, comprimento da copa, altura total, diâmetro dos galhos da bordadura e do interior do povoamento, tortuosidade e tipo de casca.

10- Grupo dos fatores dendroplanejados

$$Gf_{10} = \sum f_{dendroplanejados}$$

Onde:

Gf_{10} : grupo dos fatores dendroplanejados

$f_{dendroplanejados}$: Fatores de correção dendroplanejados: diâmetro da ponta fina, altura comercial.

11- Grupo dos fatores de volume por ha

$$Gf_{11} = \sum f_{volumeHa}$$

Onde:

Gf_{11} : grupo do fator volume por hectare

$f_{volumeHa}$: Fator de correção do volume por hectare

12- Grupo dos fatores de árvores bifurcadas

$$Gf_{12} = \sum f_{ÁrvoresBifurcadas}$$

Onde:

Gf_{12} : grupo do fator árvores bifurcadas

$f_{ÁrvoresBifurcadas}$: Fator de correção de árvores bifurcadas

13- Grupo dos fatores de fustes bifurcadas

$$Gf_{13} = \sum f_{FustesBifurcadas}$$

Onde:

Gf_{13} : grupo do fator fustes bifurcadas

$f_{FustesBifurcadas}$: Fator de correção de fustes bifurcadas

14- Grupo dos fatores de grade desganhadora

$$Gf_{14} = \sum f_{GradeDesganhadora}$$

Onde:

Gf_{14} : grupo do fator grade desganhadora

$f_{GradeDesganhadora}$: Fator de correção de grade desganhadora

Tanto no método de estimativa de produtividade por fator de correção simples como pelo conjugado, os fatores de correção para cada variável devem entrar nas fórmulas em percentagem.

4.5 ANÁLISE DO SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA

A última tela mostrada pelo programa é a da análise do sistema de colheita de madeira para as máquinas propostas. Esta tela é o resumo da simulação onde são apresentados em um quadro esquemático (Anexo II-n) as máquinas e implementos utilizados, as operações por elas efetuadas, a produtividade efetiva, os custos operacionais econômicos e financeiros, os custos por metro cúbico de madeira por operação e para o sistema, a mão-de-obra efetiva necessária, e, o tempo e o número de máquinas necessários para a colheita do volume de madeira planejado.

O custo horário operacional econômico e financeiro vem do quadro de cálculos de custos apresentados no item 4.3 e podem ser alternados pela simples escolha nas opções de custo operacional econômico ou custo operacional financeiro presentes na parte superior da tela.

A produtividade efetiva de cada máquina vem do simulador de produtividade descrito no item 4.4, e, quando o programa calcula o custo por metro cúbico da madeira para determinada máquina, esta produtividade efetiva é multiplicada pela eficiência planejada para a máquina descrita no item 4.2, e, dividido pelo custo horário operacional (econômico ou financeiro).

A estimativa do tempo ou do número de máquinas necessários para se colher determinado volume de madeira, é determinado em função da designação dada no planejamento operacional onde se tem estas opções de simulação.

A mão-de-obra ou o número de homens necessários para se colher este volume de madeira, também é função do planejamento, e, é calculado através da análise do número de turnos e do número de máquinas planejadas.

O custo final da madeira para o sistema em US / m³, é o somatório dos custos operacionais econômico ou financeiro de cada máquina simulada.

Com este quadro, finaliza-se a análise de um determinado sistema ou apenas a operação de uma máquina, podendo o usuário voltar a qualquer parte do programa alterar

valores e voltar simulando até a análise do sistema novamente, para saber o resultado do seu planejamento.

4.6 APLICAÇÃO DO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA EM UMA EMPRESA FLORESTAL

Após o desenvolvimento do programa, foram coletados alguns dados referentes a fatores de redução de produtividade para certas categorias de máquinas base e implementos de operação em empresas fabricantes e revendedoras.

De posse destes dados, efetuou-se um teste em uma empresa florestal usuária de algumas máquinas e implementos, que possuía valores históricos da produtividade das máquinas em determinadas plantações, possibilitando uma comparação de valores estimados pelo programa com valores reais de produtividade das máquinas.

A seguir, são apresentados os valores das variáveis utilizadas pelo programa, para a estimativa da produtividade das máquinas que compõe o sistema de colheita, utilizado pela empresa florestal estudada.

4.6.1 PLANTAÇÃO A SER COLHIDA

Os valores das variáveis relacionadas à plantação a ser colhido, ou unidade homogênea de corte, que foram utilizadas para a simulação, são as seguintes:

- Área total plantada: 45 ha
- Número de talhões da plantação: 1
- Pedregosidade do terreno: Classe 1
- Leiras: Classe 1
- Sub-bosque: Classe 1
- Capacidade de sustentação do solo: Classe 1

- Espécie plantada: *Pinus* sp.
- Espaçamento médio atual na linha: 2,50 m
- Espaçamento médio atual na entre-linha: 2,38 m
- Número atual de árvores por hectare: 1680
- Volume (m^3) a ser colhido por classe de declividade do projeto em relação ao tipo de solo:

Declividade	Tipo de solo
	Arenoso
< 15 %	4.421,00
15,1 – 25 %	11.790,00
25,1 – 35 %	8.842,00
> 35 %	4.421,00

- Volume individual médio dos fustes: 0,7605 m^3
- Peso individual médio das árvores: 0,9000 ton
- Diâmetro médio da base das árvores: 46 cm
- Altura total média das árvores : 28 m
- Diâmetro da ponta fina dos fustes: 8 cm
- Altura comercial média: 26 m
- Classe de diâmetro dos galhos até a altura comercial no interior da unidade homogênea de corte: 3,1 – 6 cm
- Classe de diâmetro dos galhos até a altura comercial na bordadura da unidade homogênea de corte: 6,1 – 9 cm
- Percentual médio de fustes bifurcados na base das árvores: 0 – 5%
- Percentual médio de fustes bifurcados nos tronco das árvores: 15,1 – 20%
- Comprimento da copa em relação a altura comercial: 3,1 – 6 m
- Qualidade dos fustes: retos
- Alinhamento em relação à inclinação lateral (Declividade transversal): 5,1 – 10%
- Ano de plantio: 1975

4.6.2 MÁQUINAS E IMPLEMENTOS UTILIZADOS

O sistema de colheita de madeira utilizado pela empresa florestal estudada é composto por duas máquinas que desempenham quatro operações, sendo elas o *harvester* de pneus com um cabeçote que derruba, desgalha e secciona e o *forwarder* que faz a extração.

As categorias de máquina-base e implementos de operação nas quais se enquadram estes equipamentos são:

Harvester:

Máquina-base: *harvester* de pneu

Categoria 5 - tração 6 X 6, com potência entre 130 e 180 hp

Valor de aquisição: US 340.000,00

Valor de um jogo de pneus: US 24.000,00

Vida útil: 20.000 horas

Envelhecimento técnico: 5 anos

Consumo de combustível: 15 litros / hora

Consumo de óleos lubrificantes: 30 % do consumo de combustível

Implemento de operação: cabeçote de *harvester*

Categoria 2 – Diâmetro máximo de corte entre 55,1 e 65 cm, com potência no rolo entre 20 e 26 kN e peso entre 960 e 1500 kg.

Valor de aquisição: US 65.000,00

Vida útil: 10.000 horas

Envelhecimento técnico: 5 anos

Forwarder:

Máquina-base: *forwarder*

Categoria 12: Tração 8 X 8, com potência entre 130 e 180 hp e capacidade de carga entre 10,1 e 12 toneladas.

Valor de aquisição: US 260.000,00

Valor de um jogo de pneus: US 30.000,00

Vida útil: 20.000 horas

Envelhecimento técnico: 5 anos

Consumo de combustível: 11 litros / hora

Consumo de óleos lubrificantes: 30 % do consumo de combustível

Implemento de operação: garra e grua

Categoria 13: Comprimento entre 8,1 e 9 m e área da garra entre 0,35 e 0,40 m².

Valor de aquisição: US 35.000,00

Vida útil: 6.000 horas

Envelhecimento técnico: 5 anos

4.6.3 PLANEJAMENTO OPERACIONAL

Os valores das variáveis relacionadas ao planejamento operacional utilizadas para a simulação foram as seguintes:

- Tipo de intervenção: Corte raso
- Sortimentos variados em número de: 3 (comp. médio de 3 metros)
- Disposição da pilha em relação à estrada: Perpendicular
- Altura média das pilhas: 1,6 – 2,0 m
- Comprimento médio das pilhas: > 50m
- Largura média das pilhas: 6,1 – 7,0 m
- Descascamento: ausente
- Distância média de extração: 451 – 500 m
- Altura dos tocos: < 10 cm
- Qualidade das operações de corte: Bom
- Qualidade da operação de extração: Bom
- Declividade máxima para as operações: > 35,1 %
- Tipo de solo para as operações: arenoso

- Desempenho dos operadores: Média para o *harvester* e Alta para o *forwarder*
- Disponibilidade operacional da máquina: 95 %
- Número de turnos: 2 turnos
- Número de horas trabalhadas por turno: 8 horas para o *harvester* e 9 horas para o *forwarder*
- Dias úteis trabalhados por mês: 24
- Número de máquinas disponíveis para as operações: 1 *harvester* e 1 *forwarder*

4.6.4 PLANEJAMENTO DE CUSTOS

Os valores das variáveis relacionadas ao planejamento de custos utilizadas para a simulação foram as seguintes (OBS: utilizou-se o mesmo planejamento para ambas as máquinas):

- Valor residual da máquina base: 20 %
- Valor residual do implemento de operação: 0%
- Vida útil de um jogo de pneus: 7.000 horas
- Valor de um litro de combustível: US\$ 0,240
- Coeficiente de reparos para a máquina base: 0,60
- Coeficiente de reparos para o implemento de operação: 0,80
- Taxa de juro: 12%
- Valor de correção para taxa de juro: 0,55
- Seguros: 1%
- Impostos: 1%
- Garagem: 1%
- Salário do operador: US 400,00
- Encargos e benefícios sociais: 82 %
- Disponibilidade mecânica do conjunto máquina base mais implemento de operação: 80%

- Eficiência: 76 %
- Mecânicos: 10 %
- Taxa de administração: 3 %
- Quilometragem de transporte da máquina por mês: 0
- Valor do km de transporte: 0

4.6.5 CUSTOS OPERACIONAIS HORÁRIOS ESTIMADOS

Os custos operacionais horários estimados para cada conjunto de máquina-base mais implemento de operação, em função dos planejamentos operacional e de custos, foram os seguintes (TABELA 27):

TABELA 27: CUSTOS OPERACIONAIS HORÁRIOS ESTIMADOS (US/h) PELO PROGRAMA PARA O *HARVESTER* E O *FORWARDER* EM FUNÇÃO DOS PLANEJAMENTOS OPERACIONAL E DE CUSTOS DA EMPRESA FLORESTAL ESTUDADA.

Item de custo (US/h)	<i>Harvester</i>	<i>Forwarder</i>
Custo fixo	17,347	11,232
Custo semi-fixo	42,109	32,625
Custo variável	8,109	8,003
Custo de mão-de-obra	5,488	4,787
Custo de administração	2,192	1,702
Custo total hora	75,270	58,440

Os valores de custos operacionais estimados pelo programa para o *harvester* foram de 75,27 US/h, sendo que 23 % deste valor representou o custo fixo, 56 % o custo semi-fixo, 10,7 % o custo variável, 7,3 % o custo de mão-de-obra e 3 % o custo de administração. Já o *forwarder* apresentou um custo operacional estimado de 58,44 US/h sendo que 19,2 % deste valor representou o custo fixo, 55,8 % o custo semi-fixo, 13,7 % o custo variável, 8,3 % o custo de mão-de-obra e 3 % o custo de administração.

4.6.6 ESTIMATIVAS DE PRODUTIVIDADES

As produtividades estimadas pelo programa para os equipamentos nas condições acima descritas foram as seguintes:

Harvester (Corte, Desgalhe, Sortimento): 34,83 m³ por hora efetiva de trabalho

Forwarder (Extração): 30,33 m³ por hora efetiva de trabalho

4.6.7 ANÁLISE DO SISTEMA

A TABELA 28 demonstra o resultado final da simulação feita pelo programa, onde são apresentados, de forma resumida, as principais estimativas para cada equipamento simulado e para o sistema como um todo.

TABELA 28: QUADRO DE ANÁLISE DO SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA UTILIZADO PELA EMPRESA FLORESTAL ESTUDADA (CUSTO ECONÔMICO).

Operação	Equipamento	
	<i>Harvester</i>	<i>Forwarder</i>
Corte	X	
Extração		X
Desgalhamento	X	
Sortimento	X	
Estimativas		
Produtividade efetiva m ³ /h	34,83	30,33
Custo operacional (US\$/h)	75,27	58,44
Custo da madeira (US\$/m ³)	2,21	1,93
Volume planejado para ser colhido (m ³):	29.474,00	
Nº de máquinas necessárias	1	1
Nº de dias necessários	70	71
Nº efetivo de homens	2	2
Custo total da madeira (US\$/m ³)	4,14	

O resultado da análise de sistema, para esta simulação, indicou que, para o *harvester*, o custo operacional econômico por metro cúbico de madeira cortada, desgalha e sortida foi de US 2,21 , e para o *forwarder* US 1,93, resultando em um total para o sistema de US 4,14 / m³ produzido.

No caso do custo operacional financeiro por metro cúbico de madeira cortada, desgalha e sortida, o valor estimado para o *harvester* foi de US 1,15, e para o *forwarder*, de US 1,10, resultando em um total para o sistema de US 2,25 / m³ produzido.

Os outros parâmetros estimados revelam que, para a colheita de um volume de 29.474m³ de madeira por um *harvester* e um *forwarder*, foram necessários 70 e 71 dias de trabalho para cada máquina, com 2 homens trabalhando efetivamente em cada uma.

4.6.8 COMPARAÇÃO DAS ESTIMATIVAS OBTIDAS PELO PROGRAMA COM OS VALORES REAIS DE PRODUTIVIDADES DAS MÁQUINAS.

Os dados reais de produtividade das máquinas estudadas foram coletados junto aos computadores de controle que fazem a leitura da produtividade de cada equipamento e os mesmos são apresentados na TABELA 29, que compara os valores estimados com os reais.

TABELA 29: COMPARAÇÃO DAS PRODUTIVIDADES EFETIVAS (m³/hora) ENTRE OS VALORES REAIS E OS ESTIMADOS PELO PROGRAMA PARA O *HARVESTER* E O *FORWARDER*.

Máquinas	Produtividade	
	Reais	Estimados
<i>Harvester</i>	38	34,8
<i>Forwarder</i>	25	30,3

As estimativas de produtividade efetiva feitas pelo programa, apontam valores de 34,8 m³ para o *harvester* e de 30,3 m³ para o *forwarder*, sendo que, os valores reais foram de 38

m^3 para o *harvester* e 25 m^3 para o *forwarder*. Estas diferenças entre as produtividades ressaltam a necessidade, de se aferir o banco de dados de fatores de correção com os valores dos usuários de máquinas, pois os fatores fornecidos pelos fabricantes de máquinas funcionam como uma primeira aproximação dos valores de produtividade.

5 CONCLUSÕES

- A metodologia desenvolvida para a execução deste trabalho foi adequada e possibilitou o desenvolvimento do programa para simulação de colheita de madeira de forma integral, conforme os objetivos propostos.

- Foram encontrados 35 variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de pinus e 37 variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita em eucaliptus.

- Existem basicamente 10 tipos de máquinas-base utilizadas nas operações de colheita de madeira no Brasil.

- Para as operações de corte, extração, desgalhamento, sortimento e cavaqueamento, os tipos básicos de máquinas podem ser separados em 17 classes de máquinas-base.

- Foram especificadas 48 categorias de máquinas-base e 58 categorias de implementos de operação para a colheita de madeira, nas atividades de corte, extração, desgalhamento, sortimento e cavaqueamento.

- Podem ser cadastradas e desenvolvidas rotinas específicas de simulação para máquinas que constituem sistemas que estão em desuso, ou são utilizadas em pequena escala, por empresas de pequeno porte.

- A separação de uma máquina de colheita de madeira em máquina-base e implemento de operação possibilitou uma grande maleabilidade na composição dos equipamentos para colheita e proporciona estimativas de custos operacionais mais próximos do real.

- São aproximadamente 23 as variáveis que influenciam na estimativa do custo operacional das máquinas-base e implementos de operação para colheita de madeira, de acordo com a metodologia proposta.

- O simulador de produtividade desenvolvido pelo uso de fatores de correção simples e conjugados pode ser utilizado em estimativas de produtividade para máquinas de colheita de madeira.

- O uso da simulação pelo método dos fatores de correção simples, irá sempre fornecer um valor menor de produtividade que o método dos fatores de correção conjugados.

- Para o estudo de influência das variáveis isoladas na estimativa de produtividade, o método de fatores de correção simples apresentará maior sensibilidade.

- A linguagem de programação utilizada para escrever o programa, mostrou-se adequada para os objetivos propostos.

- A simulação da análise de sistemas possibilitou obter o custo por metro cúbico envolvendo todas as atividades da colheita de madeira.

- Através da simulação foi possível se comparar diferentes sistemas de colheita de madeira para uma mesma situação de campo.

- O teste do sistema de colheita de madeira em uma empresa florestal, evidenciou a necessidade de se ter um banco de dados de fatores de correção aferido para as categorias de máquinas e implementos a serem simulados.

- O programa demonstrou-se ágil e flexível para a simulação das mais diversas opções de planejamento para cenários de terreno e povoamento florestais.

6 ANEXOS

ANEXO I

Esquema para o cálculo de custo/hora de máquinas florestais
(Segundo FAO/ECE - 1956 e KWF - 1971, adaptado)

	U\$/ano	U\$/hu
1. Custo da máquina		
1.1 Custos fixos		
a) Juros ($Va \cdot f \cdot j / 100$)	.....
b) Seguros	.....
c) Impostos	.....
d) Garagem	.....
	$Cf = (\sum a, b, c, d)$	
	$Cf / hf = U\$/hu$	$S_1 = \dots\dots\dots$
1.2 Custos semifixos		
e) Depreciação	$1 - D_1 = (Va - Vr / H), \text{ para } U \leq hf$	
	$2 - D_2 = (Va - Vr / N.hf), \text{ para } U > hf$	
f) Consertos	$1 - C_1 = D_1 \cdot C, \text{ para } U \leq hf$	
	$2 - C_2 = (D_2 \cdot C \cdot N.hf/H), \text{ para } U > hf$	
		$S_2 = (\sum e, f)$
1.3 Custos variáveis		
g) Combustível ($l/hu \cdot U\$/l$)	.....
h) Lubrificantes (30 - 40% do combustível)	.....
		$S_3 = (\sum g, h)$
1.4 Subtotal dos custos da máquina		
($\sum 1.1, 1.2, 1.3$)		$S_4 = \dots\dots\dots$
2. Custos do pessoal		
2.1 Operador (s) ($N^\circ \cdot U\$/h$) *	.....
2.2 Ajudantes (s) ($N^\circ \cdot U\$/h$) *	.....
2.3 Manutenção ($\pm 15\%$ do operador)	.....
2.4 Subtotal do custo de pessoal		$S_5 = (\sum 2.1, 2.2, 2.3)$
3. Custos diretos ($\sum 1., 2.$)		$S_6 = \dots\dots\dots$
4. Custos de Administração (10 - 15% de 3.)		$S_7 = \dots\dots\dots$
5. Custo total ($\sum 3., 4.$)		$S_8 = \dots\dots\dots$
6. Empreiteiro		
6.1 Risco ($\pm 5\%$)	.....
6.2 Lucro ($\pm 10\%$)	.....
6.3 Imposto Fiscal ($\pm 8\%$)	.....
6.4 Custo do empreiteiro ($\sum 6.1, 6.2, 6.3$)		$S_9 = \dots\dots\dots$
7. Custo total / hu incluindo empreitada ($\sum 5., 6.$)		$S_{10} = \dots\dots\dots$

Símbolos

Cf = custos fixos por ano (U\$/ano)

hf = horas efetivas de uso anual

hu = hora de uso

Va = valor de aquisição (U\$)

f = fator de correção de juro simples ($\pm 0,6$)

j = taxa de juro anual

D = depreciação

Vr = valor residual (U\$)

H = tempo (horas) total de uso (indicação da fábrica)

N = envelhecimento técnico (anos)

U = limite mínimo de uso anual (umbral) $U = H / N$

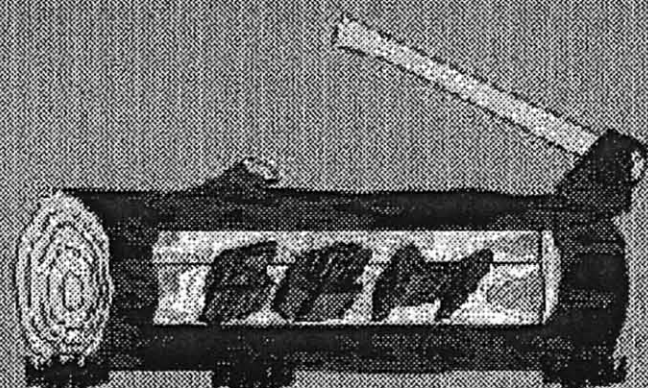
C = custos de concertos

C = coeficiente de concertos

* salário bruto/mês (incluindo encargos e benefícios sociais)

Licenciado para: Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Simulador de Colheita de Madeira



SCM

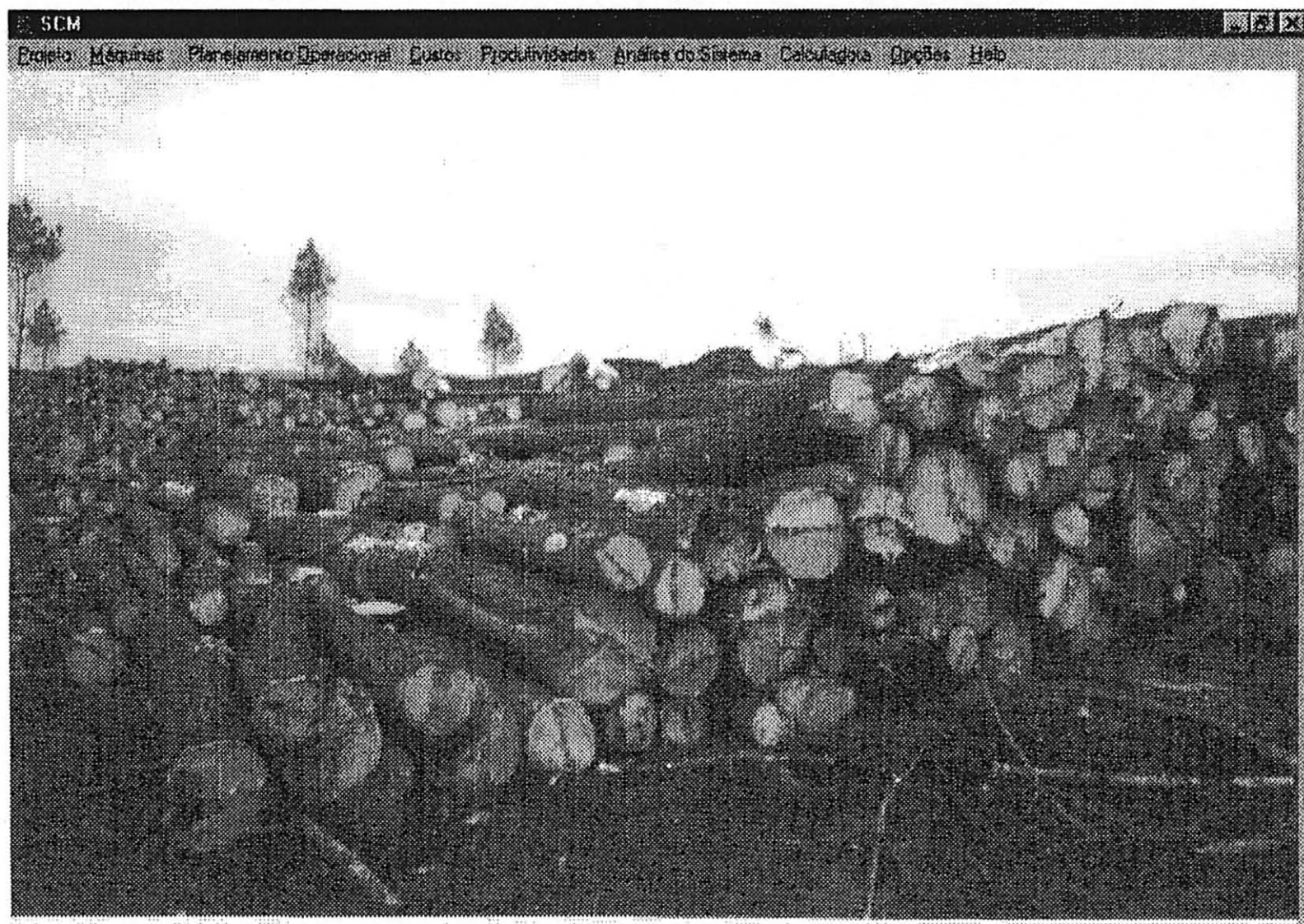
Version 1.0.0

Iniciar

Sair

Rafael Alexandre Malinovsky

email: rafael@floresta.ufpr.br



Escolha do Projeto

Projeto:

Variáveis físicas do terreno:

Área total plantada (ha):

Pedregosidade:

Leiras:

Sub-bosque:

Capacidade de sustentação do solo:

Número de faixas de projeto:

Variáveis do povoamento

Especie plantada:

Ano do plantio:

Espaçamento médio atual na linha (m):

Espaçamento médio atual na entre-linha (m):

Número atual de árvores / ha:

Volume a ser colhido por classes de declividade do projeto, em relação ao tipo de solo (m³)

Classe Decliv.	Tipo de solo		
	Argiloso	Arenoso	Hidromórfico
< 15%	4.421.00	0.00	0.00
15 - 25%	11.790.00	0.00	0.00
25 - 35%	8.842.00	0.00	0.00
> 35%	4.421.00	0.00	0.00

Variáveis do povoamento

Volume individual médio do fuste (m³):

Peso individual médio das árvores (ton):

Diâmetro médio da base das árvores (cm):

Número de árvores por ha, por classe de diâmetro da base

	<10	10.1 - 15	15.1 - 20	20.1 - 25	25.1 - 30	30.1 - 35	35.1 - 40
0	0	0	0	0	40	100	
40.1 - 45							
45.1 - 50							
50.1 - 55							
55.1 - 60							
60.1 - 65							
65.1 - 70							
>70.1							
400	600	400	100	40	0	0	

Área total média das árvores (ha):

Diâmetro da ponta (m):

Área comercial média das árvores (m):

Número de árvores por ha, por classe de altura comercial

	<10	10.1 - 15	15.1 - 20	20.1 - 25	25.1 - 30	30.1 - 35	>35.1
0	0	0	340	1.000	340	0	

Classe de câmbio da galhos até a altura comercial (cm):

Interior do povoamento:

Bordadura:

% médio de fustes bifurcados:



Na base das árvores:

No tronco das árvores:

Comprimento da copa em relação a altura comercial (m):

Qualidade dos fustes:

Declividade Transversal (%):

Corte	Harvester 6X6, entre 130 e 180 hp
	Cabeçote de harvester com Ø máx. de corte de 55 a 65 cm, potência no rolo de 20 a 26 kN e peso de 960 a 1500 kg
Extração	Forwarder 6X6, entre 130 e 180 hp e capacidade de carga entre 10,1 e 12 ton
	Grua entre 8,1 e 9 m com garra entre 0,35 e 0,39m²
Desgalhamento	Harvester 6X6, entre 130 e 180 hp
	Cabeçote de harvester com Ø máx. de corte de 55 a 65 cm, potência no rolo de 20 a 26 kN e peso de 960 a 1500 kg
Serramento	Harvester 6X6, entre 130 e 180 hp
	Cabeçote de harvester com Ø máx. de corte de 55 a 65 cm, potência no rolo de 20 a 26 kN e peso de 960 a 1500 kg
Cavaqueamento	



Corte



Definição da máquina para a operação de Corte

Máquina Base:

Selecionar Máquina Base:

Valor de aquisição da máquina base (Preço CIF em US\$):

Valor de um jogo de pneus / esteira (US\$):

Vida útil da máquina base (horas de uso):

Envelhecimento técnico (anos):

Consumo de combustível (litros / hora):

Consumo de lubrificantes (% Cons. comb.):

Atualizar

Implemento de Operação:

Selecionar Implemento de Operação:

Valor de aquisição do implemento (Preço CIF em US\$):

Vida útil do implemento de operação (horas de uso):

Envelhecimento técnico (anos):

Atualizar

Atribuições

☒ Corte
 ☒ Despalhamento
 ☒ Soqueamento
 ☐ Arrastar
 ☐ Desmatamento

Características técnicas da máquina base
 Características técnicas do implemento de operação

➔

Extração



Skidder



Forwarder



Trator Agrícola

Desgalhamento



Motosserra



Trator com Esteiras



Carregador



Harvester



Grade

Sortimento



Carregador



Motosserra



Trator com Esteiras



Harvester

Planejamento das operações

Planejamento operacional

Plan1

Atualizar

Escolher outro Planejamento

Cadastrar um novo Planejamento

Salvar Planejamento

Excluir Planejamento

Tipo de intervenção:

Corte raso

Solitamentos:

☒ Variados em número de: 3

☐ Único com (m): 3,00

Posicionamento das pilhas de madeira em relação a estrada:

Perpendicular

Dimensionamento:

Altura média: 1,6 - 2,0

Largura média: 6,1 - 7,0

Comprimento médio: >50

Qualidade dos montes de fustes/toras para a extração:

Bom

Qualidade das pilhas de madeira para o carregamento:

Bom

Madeira posta a beira da estrada:

Com calha

Número de árvores a serem retiradas por ha:

Seletivo: 120

Sistemático: 100

Número de linhas: 3

Distância lateral (m): >5

Distância média de extração (m): 451 - 500

Altura média dos tocos após o corte (cm): <10

Submeter as máquinas aos tipos de solo:

Argiloso

Submeter as máquinas até a declividade de:

>35,1%

Performance média dos operadores, utilização anual, respectivas disponibilidades operacionais (%) e estimativas

☐ Estimar o número de máquinas necessárias para a operação

☒ Estimar o número de dias úteis necessários para a operação

Máquina	Performance	Disp. Oper.	Utilização anual				Nº Maq	
			Turno	Nº horas	Turno	Nº horas		
Harvestor	Média	95	2	8,00	0	0,00	24	1
Forwarder	Alta	95	2	9,00	0	0,00	24	1
	Média	94	2	9,00	0	0,00	21	20
	Média	85	2	8,00	0	0,00	23	20
	Média	85	3	6,00	0	0,00	26	1

Harvester

Planejamento do Custo Horário

Plan1MA

Atualizar

Escolher outro Planejamento

Cadastrar um novo Planejamento

Salvar Planejamento

Excluir Planejamento



Depreciação

☒ Metodologia da FAO (Baseado em performance)

☐ Método Retilíneo

Variáveis de planejamento

Valor residual da máquina (% do valor de aquisição da máquina)	20
Valor residual do implemento (% do valor de aquisição do implemento)	0
Vida útil de um jogo de pneus / esteira (horas)	7.000
Valor de um litro de combustível (US\$)	0,240
Disponibilidade mecânica da máquina (%)	80,00
Eficiência (%)	98
Valor do salário mensal de um operador (US\$)	400,00
Encargos e benefícios sociais (%)	82,00
Mecânicos (% Salário do operador)	10,00
Coefficiente de reparos da máquina (0,5 - 2)	0,60
Coefficiente de reparos do implemento (0,5 - 2)	0,80
Seguro (% do Valor de aquisição da máquina)	1,00
Impostos (% do Valor de aquisição da máquina)	1,00
Garagem (% do Valor de aquisição da máquina)	1,00
Taxa de furo anual (%)	12,00
Valor de correção para taxa de juro (0,5 - 0,7)	0,55
Taxa de administração (%)	3,00
Kilometragem média de transporte da máquina por mês (km)	0
Valor do quilômetro de transporte da máquina (US\$)	0,900

Custos (hora efetiva)	Máquinas				
	Harvester	Forwarder			
Custos Fixos					
Juros	13,878	8,985			
Séguro	1,156	0,749			
Impostos	1,156	0,749			
Geragem	1,156	0,749			
Sub-total	17,347	17,347			
Custos Semi-fixos					
Depreciação	22,034	16,392			
Reparos	20,100	16,233			
Sub-total	42,134	32,625			
Custos Variáveis					
Combustível	3,600	2,640			
Lubrificante	1,080	0,792			
Pneus / Esteira	3,429	4,571			
Mat. de desgaste					
Tempo de máq.	0,000	0,000			
Sub-total	8,109	8,003			
Custo de Pessoal					
Operador	4,989	4,435			
Mecânico	0,499	0,443			
Sub-total	5,488	4,878			
Administração					
Sub-total	2,192	1,702			
Custo Total	75,270	58,440			



Simular Produtividades

Harvester

Produtividade:

☐ Adotar um valor padrão de produtividade (m³ / hora efetiva de trabalho) 0,00

Estimar a produtividade em função dos dados do projeto e do planejamento (m³ / hora efetiva de trabalho)

☒ Método dos fatores simples 34,83 ☐ Método dos fatores conjugados 0,00

Variáveis associadas a máquina base e ao implemento para a estimativa da produtividade

Produtividade base	70	70
Espacamento na linha	1	
Espacamento na entrelinha	3	
Capacidade de sustentação do solo	0	
Altimento X inclinação lateral	1	
Altura dos tocos	0	
Pedregosidade	0	
Leiras	0	
Sub-bosque	0	
Performance dos operadores	10	
Turno de trabalho	5	
Tipo de intervenção	0	
Qualidade das toras para a extração	5	
Qualidade das toras para o armazenamento	0	
Distância entre as estações	0	
Tipo de estalado	0	
Altura do estalado	0	
Legura do estalado	10	
Declividade		

Fatores

Comprimento do arado	12	12
Sortimentos	5	
Comprimento da tora	6	
Desboscamento	0	
Diâmetro da base	0	
Volume de corte	1	
Peso individual médio	0	
Comprimento da copa até hc	1	
Altura tora	5	
Diâmetro da ponta fina	3	
Altura comercial (hc)	2	
Diâmetro dos galhos de bordadura até hc	2	
Diâmetro dos galhos internos do povoamento até hc	1	
Tortuosidade	0	
Árvores bifurcadas na base	0	
Árvores bifurcadas no fuste	2	
Volume por hectare	15	
Tipo de tora	0	
Tipo de solo	20	

Fatores

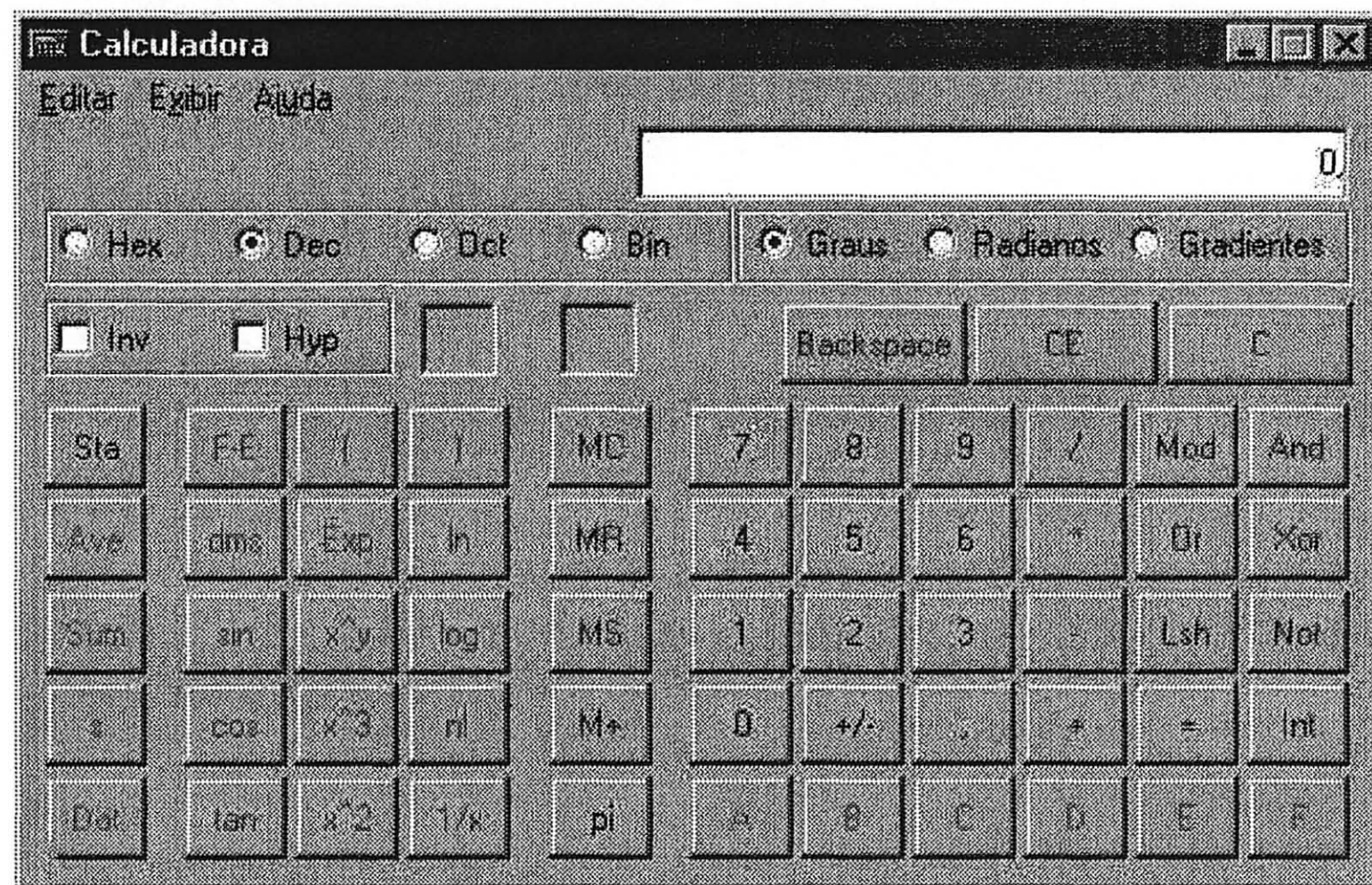
→

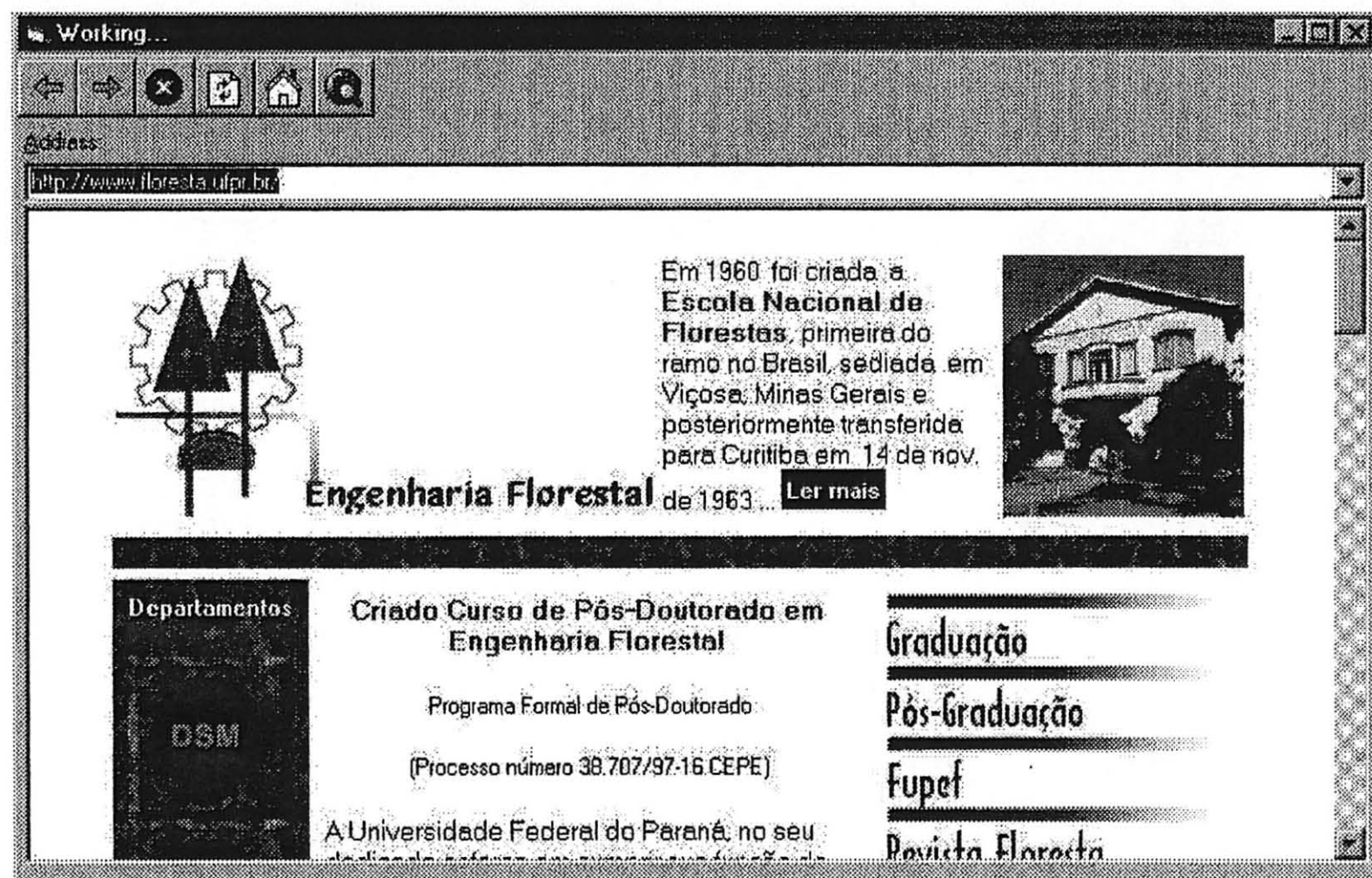
Custo Operacional Econômico

Custo Operacional Financeiro

Operação	Máquina				
	Harvester	Forwarder			
Corte	✓				
Extração		✓			
Desgalhamento	✓				
Sortimento	✓				
Cavacamento					
Estimativas					
Produtividade efetiva (m³/hora)	34,83	30,33			
Custo operacional (U\$/hora)	75,00	58,00			
Custo parcial da madeira (U\$/m³)	2,21	1,93			
Nº de máquinas planejadas	1,00	1,00			
Nº de dias estimados	70	71			
Nº efetivo de homens estimados	2	2			
Volume planejado (m³)	29.474,00		Custo total da madeira (U\$/m³)		4,14







7 GLOSSÁRIO

m³: metro cúbico

US\$: dólar americano

US\$/m³: dólar americano por metro cúbico

mm: milímetro

cm: centímetro

m: metro

hp: horse power (cavalo vapor)

kN: quilonewton

kg: quilograma

ton: tonelada

Ø: diâmetro

%: percentagem

m/min: metro/minuto

km: quilometro

SCM: simulador de colheita de madeira

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASS, C.M.; FRIDLEY, J.L.; LEE, F.E. **Methods of interactive control and simulation of forest machinery**. Paper- American – Society –of-Agricultural – Engineers. 1991. Nº . 91-7507, 8 pp.; 4 ref.
- BAUMGRAS, J. E; HASSLER, C.C.; LeDoux, C.B. **Estimating and validating system production through computer simulation**. Forest-Products-Journal. 1993. 43:11-12, p. 65-71; 30 ref.
- BLOCK, W.A; FRIDLEY, J.L. **Simulation of forest harvesting using computer animation**. Transactions-of-theASAE., Presented as ASAE Paper Nº. 88-7523; 6 ref. 1990. 33: 3, p. 967-974
- BORGES, J. F.; SEFFRIN, I. A.; ALBUQUERQUE M. V. **O planejamento da exploração em função das necessidades de fábrica**. VI Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1989. p. 153 – 172.
- BURGER, D. **Análise de custos de máquinas com auxílio do computador**. II Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1978. p. 15 – 29.
- CC Systems AB. **Silvi-A, The Modern Management Program for Bucking Computers**. 1997. CC soft AB and CC Systems AB, SWEDEN.
- Food And Agricultural Organization; Forest Product Division; **Forest Harvesting and Transport Branch. Cost control in forest harvesting and road construction**. FAO-Forestry-Paper. 1992. Nº 99, vi + 106 p.
- FAO MONTES. **Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento**. Vol 2, Roma, 1978. 171 p.
- FERNANDES, I. M.; TIBURCIO, V. C. S. **A utilização de alto grau de mecanização em sistemas de exploração florestal de pinus**. Simpósio sobre Exploração Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1987. p. 144-149.

- FRIDLEY, J.L.; STOKES, B.M.; MORGAN, C.G. **A spreadsheet program to examine feller-buncher machine configuration and operating rates.** Paper- American – Society –of-Agricultural – Engineers. 1991. Nº . 91-7544, 8 pp.; 4 ref.
- HILDEBRAND, E. **Sistema de apropriação e análise de custos para a empresa florestal.** (Dissertação) Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Curitiba, 1995. 145 p.
- HOSOKAWA, R. T. **Aplicação de computadores na estimativa dos custos de máquinas florestais.** Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná 1977. p. 14 – 20.
- KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de tecnologia apropriadas as operações florestais em países em desenvolvimento - Parte 2.** Programa de Treinamento Florestal Publicação Nº 9 Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo da Finlândia. Helsinki, 1994, 202 p.
- KANTOLA, M.; VIRTANEN, K. **Handbook on appropriate technology for forestry operations in developing countries.** Forestry Training Programme. Publication 16 National Board of Vocational Education of the Government of Finland. Helsinki, 1986. 112 p.
- KOGER, J. **Analyzing timber harvesting systems using STALS-3.** Forest –Products-Journal. 1992. 42: 4, p. 25-30; 8 ref.
- LEITE, A. M. P.; BORGES, P. H. de M. **SOFTWARE – para estimar custo operacional de máquinas e equipamentos utilizados na exploração florestal.** 4º Simpósio Internacional sobre Ecossistemas Florestais – FOREST 96., Anais... Belo Horizonte, 1996. p. 352.
- LEONE , G. S. G. **Custos: planejamento, implantação e controle.** São Paulo: Atlas, 1981. 2 ed., 512 p.
- LINEHAN, P.E.; CORCORAN, T.J. **An expert system for timber harvesting decision making on industrial forest lands.** Forest-Products-Journal. 1994. 44: 6, p.65-70; 21 ref.

- MALINOVSKI, J. R. **Análise sistemática dos sistemas de exploração e transporte florestal.** V Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais...Curitiba: FUPEF do Paraná, 1984. p. 77 – 89.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de madeira para pinus na região sul do Brasil.** Curitiba: FUPEF do Paraná, 1998.108 p.
- MENDONÇA, W. F. **Abate de árvores totalmente mecanizado.** Simpósio sobre Exploração Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1987. p. 348-360,
- MacDONALD, J. **Interfacing GIS with harvest planning software.** Proceedings Briechte Comptes Rendus Actas, Centennial, Anais... Berlin – Eberswalde, Germany, 1992. p. 426.
- MacDONALD, J. **Forest resources planning – silviculture module software program.** Special-Report –Forest-Engineering-Research-Institute-of-Canada. 1996. Nº. SR-110, 25 pp.;12 ref.
- MacDONALD, J. **A computer model for harvest planning.** Fiel-Note: -General - Forest-Engineering-Research-Institute-of-Canada. 1993, Nº. 32, 2 p.
- MANTOVANI, B.; GIBSON, H.; PEART, R.M.(ed.); BROOK, R.C. **A simulation model for analysis of harvesting and transport costs for biomass based on geography, density and plant local.** Analysis-of-agricultural-energy-systems.; Energy in World Agriculture Nº 5; 19 ref. 1992. p 253-280.
- OBERT, M. **Emprego de microcomputadores móveis para determinação de rendimento.** VI Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais... Curitiba: FUPEF de Paraná, 1989. p. 1 - 10.
- PARVIAINEN, J. **O uso de programas de computador para a escolha de diferentes métodos de reflorestamentos e sua correlação com sistemas de exploração florestal.** VII Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais...Curitiba: FUPEF de Paraná, 1992., p. 67 - 81.
- RANDHAWA, S.U. **Timber harvesting analyses and designing using simulation.** Pakistan-Journal-of-Forestry. 1990. 40: 3, p. 210-214; 14 ref.

- RANDHAWA, S.U.; OLSEN, E.D. **A tool for mechanized harvesting systems design and analysis.** Applied-Engineering-in-Agriculture. 1990, 6: 2, 231-237; 21 ref.
- RANDHAWA, S.U.; SCOTT, T.M.; OLSEN, E.D. **Timber harvester: a microcomputer-based system for automatic selection of timber harvesting equipment.** Applied-Engineering-in-Agriculture. 1992. 8: 1, p.121-127; 16 ref.
- ROESLER, E. **Evolução da mecanização e segurança nos trabalhos de colheita de madeira.** VIII Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1994. p. 20-37.
- SANT'ANNA, M. Jr. **Tendências atuais e perspectivas futuras dos sistemas de extração florestal.** VII Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1992. p. 137-160.
- SANT'ANNA, M. Jr. **A Necessidade da diferenciação de equipamentos e sistemas de exploração em função do tipo de desbaste.** Simpósio sobre Exploração, Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1987. p. 110 – 117.
- SANTOS, G. S. **A evolução de forwarders e harvesters na mecanização florestal.** Simpósio Brasileiro sobre Exploração e Transporte Florestal, Anais... Belo Horizonte: SIF, 1991. p. 113-127.
- SILVA, C. R. da. **O planejamento de sistemas de exploração de eucalipto para polpa.** Simpósio sobre Exploração, Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1987. p. 40 – 54.
- SKOGSARBETEN FORSKNINGSSTIFTELSEN. **Forest Operations in Swden.** Kista.1991. Swden 54 p.
- STHÖR, G. W. D. **Análise de sistema na exploração e transporte em florestas plantadas.** Revista Floresta, 1976. p. 57-76.
- STHÖR, G. W.D. **Cálculo de custos de máquinas florestais.** II Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1978. p. 97 – 119.

- STHÖR, G. W. D. **Metodologia do Custo-Hora para máquinas florestais**. III Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1981. p. 33 – 44.
- SUNDBERG, U. **Fuel Consumption as an indicator of forest machinery cost (abstract)**. Ecological Economics: Its Implications for Forest Management and Research, Proceedings of a Workshop held in Paul, Minnessota, 1990. p. 57.
- TIBURCIO, V. C. S.; SENE, J. M.; CONDI, L. G. B. **Colheita mecanizada: Avaliação de Harvester e Forwarder**. Simpósio Brasileiro sobre Exploração e Transporte Florestal, Anais... Salvador: SIF, 1995. p. 205 – 221.
- WADOUSKI, L. H. **O planejamento operacional na exploração de florestas**. Simpósio sobre Exploração, Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1987. p. 28 - 39.
- WALDRIGUES, O. M. P. **Produtividade no Setor Florestal**. UFPR, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Disciplina de Ciência do Trabalho Florestal. Curitiba, 1983. 145 p.